	ENERGÉTICA IND. E COM. LTDA. Rua Gravataí, 99 – Rocha CEP 20975-030 Rio de Janeiro – RJ CNPJ 29.341.583/0001-04 – IE 82.846.190 Fone: (21) 3797-9800 Fax: (21) 3797-9830 www.energetica.ind.br

AGV PTS

(AMOSTRADOR DE GRANDE VOLUME PARA PARTÍCULAS TOTAIS EM SUSPENSÃO)

MANUAL DE OPERAÇÃO

Responsável:

José Walderley Coêlho Dias

ÍNDICE

Continua

ÍNDICE (continuação)

Continua

ÍNDICE (continuação)

1.0 INTRODUÇÃO

Este manual tem como objetivo apresentar as técnicas de calibração, operação e manutenção do **Amostrador de Grande Volume (AGV) para Partículas Totais em Suspensão (PTS),** com vazão variável, aqui denominado **AGV PTS,** ou simplesmente **PTS.**

Ao escrever este manual, procuramos o máximo possível nos pautar nos dois documentos relacionados abaixo, que sustentam oficialmente a amostragem de partículas totais em suspensão (PTS) no país:

- CONAMA. Resolução n° 3, de 28 de junho de 1990. Publicada no D.O.U, de 22/08/90.
- ABNT. Material Particulado em Suspensão no Ar Ambiente - Determinação da Concentração Total pelo Método do Amostrador de Grande Volume. NBR 9547, Set., 1997.

Consistentes com a resolução do CONAMA e o método da ABNT, nos referiremos ao amostrador objeto deste manual sempre pelo nome de AGV PTS, e não pelo nome norte-americano, abreviado, de Hi-Vol, como o amostrador tem sido conhecido por anos.

Visto que a resolução do CONAMA e o método da ABNT são de uma certa forma resumidos, não havendo no país outras informações oficiais com maiores detalhes sobre a amostragem de PTS, resolvemos acrescentar ao manual alguns detalhes pertinentes colhidos da U.S. EPA. Alguns documentos da U.S. EPA, abordando temas como localização, frequência de amostragem e garantia da qualidade, estão listados no Capítulo 10.0 (Referências). Três desses documentos (Refs. 9, 10 e 11) foram traduzidos pela ENERGÉTICA e suas traduções podem ser encontradas na Biblioteca do site www.energetica.ind.br.

Por fim, cabe informar, a fim de evitar confusão, que, além do AGV PTS, objeto deste manual, há dois outros modelos de Amostrador de Grande Volume (AGV) fabricados pela ENERGÉTICA:

- O Amostrador de Grande Volume (AGV) para Partículas Totais em Suspensão (PTS) com vazão controlada, aqui denominado AGV PTS/CVV ou simplesmente PTS/CVV.
- O Amostrador de Grande Volume (AGV) para Partículas de até 10 μm (MP_{10}), aqui denominado AGV MP_{10} ou simplesmente MP_{10}.

Os AGVs podem ser comparados por apenas duas de suas características gerais, ou sejam, a entrada de separação e o controle (ou não) da vazão. Por exemplo, os dois primeiros modelos acima são semelhantes quanto à entrada (teto em forma de duas águas), mas diferem quanto ao controle da vazão. O AGV PTS não tem controlador. Sua vazão varia durante a amostragem e é registrada por um registrador contínuo. Já o AGV PTS/CVV se assemelha ao AGV MP_{10} quanto ao controle da vazão - ambos o possui, do tipo venturi -, mas diferem um do outro, e substancialmente, no que diz respeito à entrada. A entrada do AGV MP_{10} é bem mais elaborada, proporcionando uma separação mais precisa das partículas. Finalmente, as maiores diferenças estão entre o AGV PTS e o AGV MP_{10}: tanto quanto à entrada de separação como ao regime de vazão.

2.0 PRINCÍPIOS, MÉTODOS E APLICAÇÕES

2.1 Resumo do Método

O AGV PTS, devidamente instalado num local de medição, puxa uma certa quantidade de ar ambiente através de um filtro, instalado dentro de uma casinhola de abrigo, durante um período de amostragem de 24 horas (nominais). A vazão imprimida pelo aparelho, dentro da faixa de 1,1 m^3/min. a 1,7 m^3/min., bem como a geometria da entrada da casinhola, dependendo da velocidade e da direção do vento, favorecem a coleta de partículas de até 25-50 µm (diâmetro aerodinâmico). Os filtros empregados são específicos para uma eficiência mínima de 99 por cento para a coleta de partículas FDO (Ftalato de Dioctil) de 0,3 µm.

O filtro é pesado (após equilibração de umidade) antes e após a coleta para se determinar o ganho líquido em peso (massa). O volume de ar amostrado, corrigido para condições padrão [25°C, 760 mmHg], é determinado a partir da vazão medida e do tempo de amostragem. A concentração das partículas totais em suspensão no ar ambiente é computada dividindo-se a massa de partículas coletada pelo volume de ar amostrado e é expressada em microgramas por metro cúbico (µg/m^3):

$$PTS = (10^6)\frac{M_l}{V_p} \qquad \text{(Eq. 2.1)}$$

onde:

PTS = concentração de partículas totais em suspensão, µg/m^3
M_l = ganho líquido de PTS no filtro durante a amostragem, g
V_p = volume total de amostrado em unidade padrão de volume, m^3 padrão
10^6 = fator de conversão, µg/g

Nota: A correção da concentração de PTS para as condições de referência ou padrão do CONAMA (as mesmas da US EPA), ou sejam 25 °C (298 K) e 760 mm Hg, é exigência de norma.

Na Equação 2.1, M_l é simplesmente a diferença entre o peso final do filtro (com coleta), M_f, e o peso inicial do filtro (limpo, sem coleta), M_i, pesados com uma balança com precisão de 0,1 mg. Os procedimentos de pesagem dos filtros são apresentados nas Seções 5.0 e 7.0.

Por sua vez, V_p é dado pela somatória

$$V_p = \sum_1^n (Q_{pi})(\Delta t) \qquad \text{(Eq. 2.2)}$$

onde:

V_p = volume total de ar que passa pelo filtro no tempo decorrido da amostragem (normalmente de 24 horas), em unidade padrão de volume, m^3 padrão
n = número de intervalos durante a amostragem. A ENERGÉTICA recomenda 24 intervalos
Q_{pi} = vazão média, no intervalo i, corrigida para as condições padrão, m^3 padrão/min.
Δt = tempo decorrido de amostragem em cada intervalo. Para n = 24, Δt = 60 min.

A metodologia de obtenção de V_p é abordada e detalhada no Capítulo 8.0.

2.2 Discriminação das Partículas

A discriminação das partículas num determinado tamanho (diâmetro aerodinâmico), aqui denominado "ponto de corte", é normalmente obtida em função da geometria da "entrada" do amostrador e da vazão imprimida pelo aparelho.

Nos Amostradores de Grande Volume (AGV) para Partículas Totais em Suspensão (PTS), a "entrada", tem sido, desde os primórdios do amostrador (aí pela década dos 70), um teto na forma de duas águas (ver Figura 2.1). Quando o amostrador é posto em funcionamento, o ar é puxado através da área perimetral total por baixo das beiradas do teto. Dependendo exatamente desta área e da vazão imprimida pelo motoaspirador, o ar flui para dentro do amostrador com uma certa velocidade. É esta velocidade do fluxo de ar que determina o ponto de corte das partículas. Maior velocidade, maior o ponto de corte; menor a velocidade, menor o ponto de corte.

Infelizmente, devido ao projeto simples do teto de entrada dos amostradores de PTS, o ponto de corte é também afetado pela direção e velocidade dos ventos incidentes no aparelho.

Estudos patrocinados pela US EPA para o AGV PTS indicam uma variação do ponto de corte na faixa de 25-50 µm (diâmetro aerodinâmico). Como sabemos, o AGV PTS, sem controlador de vazão, é permitido funcionar com vazão na faixa de 1,1 a 1,7 m^3/min. durante a amostragem. No PTS/CVV, com vazão controlada, em torno de 1,13 m^3/min., estima-se, por dedução lógica, que o ponto de corte situe-se em torno de 30 µm (diâmetro aerodinâmico).

Ver, na Figura 2.1, ilustração da entrada de ar no amostrador.

2.3 <u>Vazão Operacional</u>

O AGV PTS, conforme mencionado no Capítulo 1.0, não é dotado de controlador. Portanto, quando em operação, sua vazão é livre de variar, ao sabor das flutuações na tensão de linha, das flutuações na direção e velocidade dos ventos e da perda de carga através do filtro, sendo monitorada indiretamente por uma transdutor de pressão (chamado aqui de registrador de vazão). A correlação entre a vazão e a deflexão da pena no registrador, normalmente na forma de uma reta, é obtida por meio de um calibrador secundário. A calibração do amostrador é apresentada na Seção 4.0.

Por exigência de norma, a vazão durante a amostragem deve ser mantida dentro dos seguintes limites:

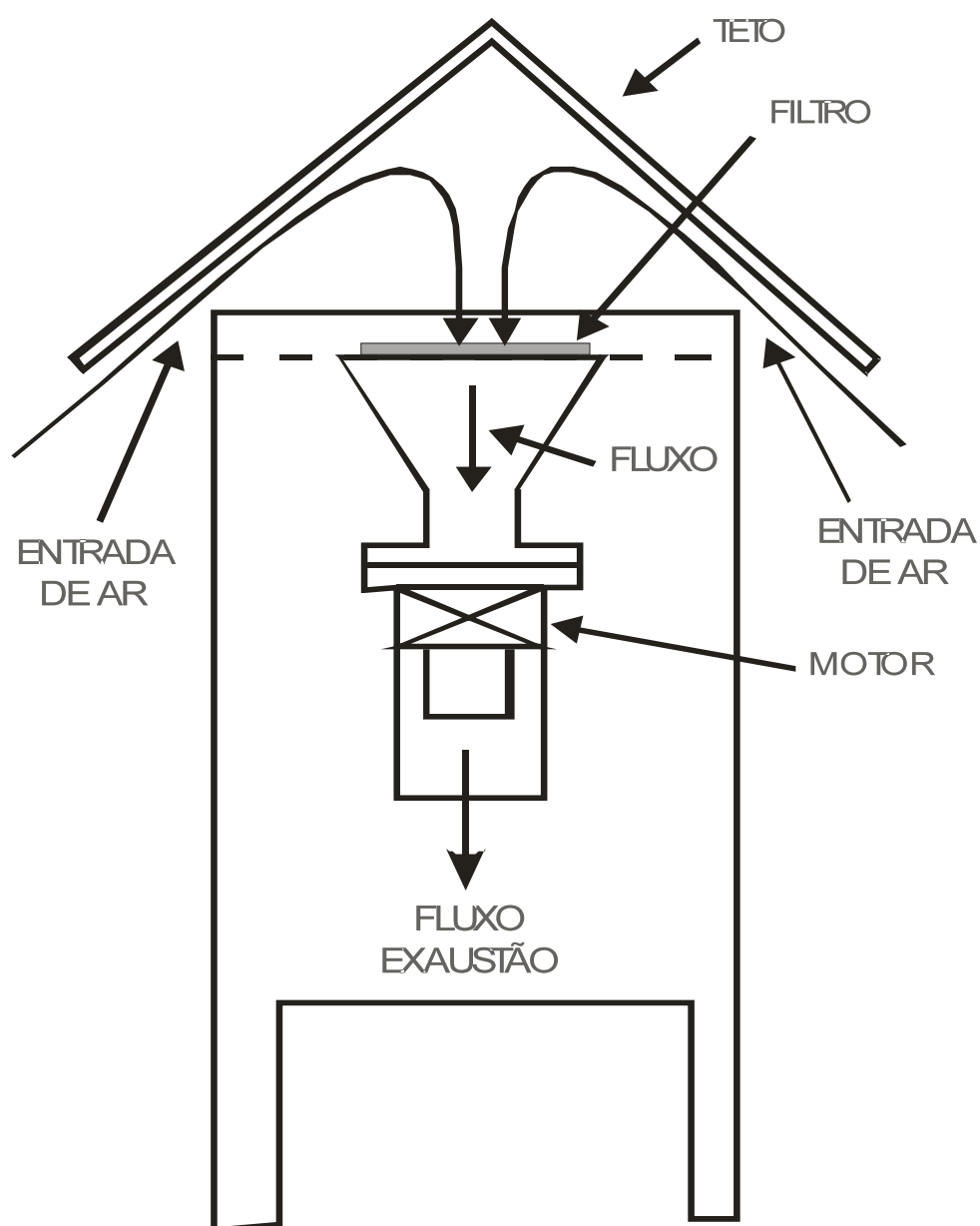
- Vazão mínima de 1,1 m^3/min.
- Vazão máxima de 1,7 m^3/min.

O AGV PTS é dotado de um motoaspirador com capacidade suficiente para cobrir com folga a faixa de vazão exigida pelas normas.

Também por exigência de norma, a vazão deve ser corrigida para condições-padrão (298 K e 760 mm Hg) antes mesmo da calibração do amostrador. Esta correção é feita por ocasião da calibração do calibrador utilizado para calibrar o amostrador. Deste modo, tanto na calibração do amostrador quanto na sua operação, a vazão é tratada nas condições-padrão.

2.4 <u>Capacidade do AGV PTS</u>

O AGV PTS é um amostrador com grande capacidade de deslocamento de ar. Numa amostragem de 24 horas, por exemplo, a 1,5 m^3/min., o amostrador chega a deslocar 2.160 m^3.

Por norma, deve-se ter, com o AGV PTS, condições de determinar concentrações de partículas em suspensão tão baixas quanto 2 µg/m^3 (baixíssima!). A título de ilustração, com nível tão baixo de concentração obter-se-ia, nas 24 horas de amostragem, apenas 3,25 mg de partículas coletadas no filtro. Esta massa, baixíssima, é a razão de se ter que utilizar balanças com precisão de 0,1 mg, sem a qual não se obteria pesagens significativas.

Vazão: 1,1 - 1,7 m^3/min

Ponto de Corte: 25 - 50 µm

Figura 2.1 Entrada de Ar no Amostrador

2.5 Padrões e Normas

No Brasil, os Padrões da Qualidade do Ar aplicáveis à medição de partículas totais em suspensão (PTS) com o AGV PTS encontram-se na Resolução n° 3 do CONAMA, de 28/06/90 (Ref. 1):

Padrões da Qualidade do Ar (CONAMA):

Padrão Primário:
1) Concentração média geométrica anual de 80 microgramas por metros cúbicos ($\mu g/m^3$) de ar.
2) Concentração máxima de 24 (vinte e quatro) horas de 240 microgramas por metros cúbicos ($\mu g/m^3$) de ar, que não deve ser excedida mais de uma vez por ano.
Padrão Secundário:
1) Concentração média geométrica anual de 60 microgramas por metros cúbicos ($\mu g/m^3$) de ar.
2) Concentração máxima de 24 (vinte e quatro) horas de 150 microgramas por metros cúbicos ($\mu g/m^3$) de ar, que não deve ser excedida mais de uma vez por ano.

Os métodos mais conhecidos no país para a medição da concentração de PTS encontram-se nas normas abaixo:

- ABNT - NBR 9547 - Material Particulado em Suspensão no Ar Ambiente, Determinação da Concentração Total pelo Método de Amostrador de Grande Volume, Set/1997. (Ref. 2)
- CETESB - Decreto 8.468 de 08/09/76 (Estado de São Paulo). (Ref. 4)
- FEEMA - Método FEEMA MF 606 (Ref. 5)

Todos estes métodos foram baseados no método da US EPA, "Reference Method for the Determination of Suspended Particulates in the Atmosphere (High Volume Method)", contido no Federal Register 40 CFR 50, Appendix B, USA, versões de 1972 e 1988 (Ref. 6). Este método da US EPA e os três nacionais estão relacionados no Capítulo 10.0 (Referências).

2.6 Aplicações

As principais aplicações do AGV PTS são:

- Monitoramento da qualidade do ar, pela determinação da concentração de material particulado em suspensão;

- Estudos de Impacto Ambiental (RIMA-AIA) para determinar níveis preexistentes da qualidade do ar;

- Monitoramento de ambientes industriais internos (higiene industrial), incluindo coleta de amostras de material altamente tóxicos;

- Monitoramento de emissões fugitivas de processos industriais onde não é possível a utilização de amostradores em chaminés/dutos.

O AGV PTS é utilizado para outros fins além do seu uso comum em medidas de material particulado total em suspensão, como por exemplo:

- Análise de poluentes orgânicos (nitratos, sulfatos, amônia, benzopireno), extraindo-se os poluentes do filtro por meio de solventes orgânicos em solução aquosa;
- Análise da presença de metais (Si, Ca, Na, Pb, Zn e outros) por meio de extração ácida ou outras técnicas;
- Medidas da concentração de radioatividade em poeira em suspensão. Ex.: mina com minério contendo urânio/tório como materiais secundários.

3.0 O EQUIPAMENTO

3.1 O Conjunto Padrão

O AGV PTS é constituído dos seguintes componentes (ver Figura 3.1):

- Teto de entrada;
- Base do amostrador, contendo:

  * Casinhola de abrigo, de alumínio anodizado, com porta e alças de transporte
  * Porta-filtro, de fibra de vidro, com telas de inox, juntas de borracha, moldura de aperto do filtro e quatro manípulos de aperto;
  * Porta-motor, de fibra de vidro, forma cilíndrica, com motoaspirador;
  * Painel de controle, com variador de tensão (Vari-Vol), voltímetro digital, programador semanal de operação (timer), horâmetro, chave liga-desliga, sinaleiro e porta-fusível;
  * Registrador de vazão contínuo, com mangueira de tomada de pressão;
  * Sistema de alimentação, com cabo de 5 m e tomada para o plugue do painel.

O AGV PTS pode ser fornecido para 110 V ou 220 V, conforme a necessidade do cliente.

Os dados técnicos do amostrador, tanto para 110 V quanto para 220 V, são apresentados na Tabela 3.1. O calibrador do amostrador é detalhado na Subseção 3.9.

O AGV PTS é normalmente fornecido já montado, embalado numa só caixa. Portanto, para operação, basta instalá-lo no local de amostragem, ligá-lo numa tomada, calibrá-lo, colocar um filtro no porta-filtro, colocar uma carta gráfica e uma pena no registrador, programar o timer e dar partida.

3.2 Teto de Entrada (Figura 2.1)

O teto do AGV PTS tem um formato tal que por sua abertura periférica (por baixo dos beirais) só passam, à vazão entre 1,13 m^3/min. e 1,7 m^3/min., e dependendo da velocidade e da direção dos ventos incidentes, partículas na faixa de 25 a 50 μm (diâmetro aerodinâmico). Portanto, ele não é apenas um teto para proteção do filtro contra vento e chuva, mas sim também um sistema de separação inercial de partículas.

O teto é preso à base do amostrador por duas dobradiças. Quando em operação, o teto deve estar baixado e com suas beiradas num plano horizontal. Para mantê-lo erguido, há uma escora de alumínio presa no topo da lateral da casinhola, à esquerda do operador. Detalhes do teto são vistos na Figura 2.1 (com vista lateral do amostrador).

Nos EUA, o teto é chamado de “inlet” (entrada). Usaremos aqui a denominação “teto de entrada”.

3.3 Base do Amostrador (Figuras 3.1 e 3.2)

Toda base do amostrador é envolvida por um abrigo de alumínio anodizado. A base tem cerca de 110 cm de altura, 38 cm de largura e 38 cm de fundo. Os componentes principais instalados na base são: o conjunto porta-filtro/motor, o painel de controle e o registrador de vazão. A base também é dotada dos seguintes componentes menores: uma abraçadeira para sustentação do conjunto porta-filtro/motor, um cabo de força e duas alças para transporte.

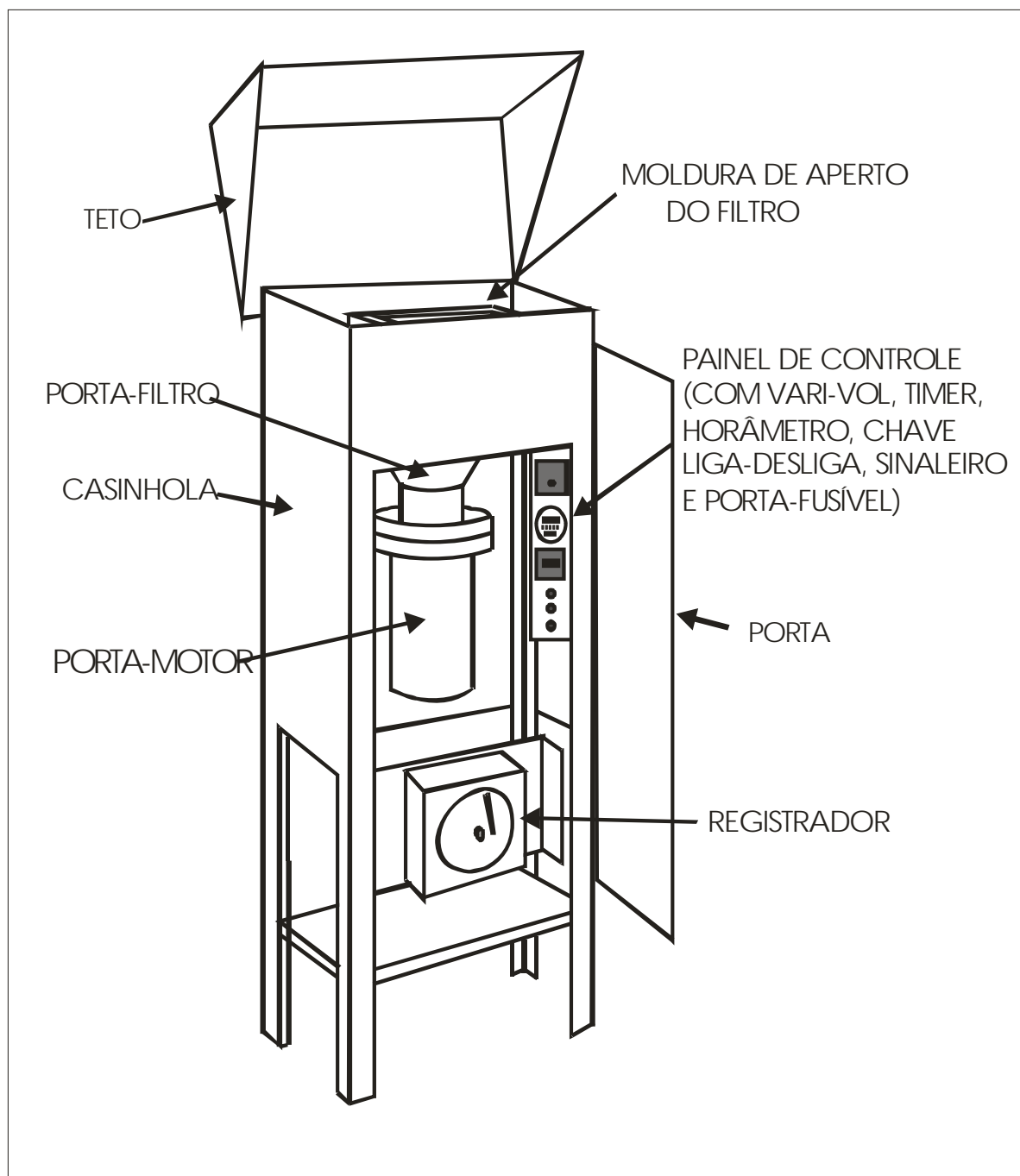



Figura 3.1 PTS (com teto erguido e porta aberta)

Tabela 3.1 Dados Técnicos do AGV PTS

	110 V	220 V
Casinhola	Alumínio anodizado (12 μm)	Alumínio anodizado (12 μm)
Motoaspirador	Dois estágios, refrigeração direta, 120 V/60 Hz, monofásico, 145 mm de diâmetro	Dois estágios, refrigeração direta, 240 V/60 Hz, monofásico, 145 mm de diâmetro
Faixa de vazão	1,1 – 1,7 m^3/min.	1,1 – 1,7 m^3/min.
Faixa de potência	760 - 840 W	778 - 848 W
Faixa de amperagem	6,7 – 7,4 A	3,6 – 3,9 A
Faixa de vácuo	87 – 128 cm H_2O	34,9 – 48,5 cm H_2O
Faixa de rotação	17.700 – 18.700 rpm	18.736 – 18.800 rpm
Peso	30 Kg	30 Kg
Altura	137 mm	137 mm
Laterais do teto	47 mm x 47 mm	47 mm x 47 mm
Laterais da base	38 mm x 38 mm	38 mm x 38 mm
Nível do filtro	107 mm	107 mm
Porta-filtro	Para filtros de 203 mm x 254 mm	Para filtros de 203 mm x 254 mm
Tipos de filtros utilizados	Vários (ver normas). Consultar **ENERGÉTICA**	Vários (ver normas). Consultar **ENERGÉTICA**
Registrador de vazão RP4	Transdutor de pressão, para carta circular de 102 mm de diâmetro, giro de 24 h, 110 V/60 Hz.	Transdutor de pressão, para carta circular de 102 mm de diâmetro, giro de 24 h, 220 V/60 Hz.
Timer	Digital, resolução de 1 seg., com programação semanal, 110 V/60 Hz	Digital, resolução de 1 seg., com programação semanal, 220 V/60 Hz
Horâmetro	Eletromecânico, resolução de 1/100 h, 110 V/ 60 Hz.	Eletromecânico, resolução de 1/100 h, 220 V/ 60 Hz.
Variador de tensão (Vari-Vol)	A estado sólido, 110 V/60 Hz, 880 W (potência de saída)	A estado sólido, 220 V/60 Hz, 1.760 W (potência de saída)
Voltímetro	Digital, 110V/60Hz	Digital, 110V/60Hz

3.3.1 Porta-filtro (Figuras 3.1, 3.2, 3.3)

O porta-filtro consiste em duas telas de inox engastadas num funil de fibra de vidro. É dotado de quatro furos laterais para sua fixação, por parafusos e porcas (manípulos), no topo da base. Por cima, recebe a moldura de aperto do filtro, dotada de junta de borracha para vedação. A moldura é apertada por meio de quatro manípulos de alumínio.

O porta-filtro é alojado num furo retangular localizado na bandeja rebaixada no topo da base. Não é necessário, mesmo para manutenção do motor e troca de escovas, remover o porta-filtro do seu alojamento.

3.3.2 Porta-motor (Figuras 3.1, 3.2 e 3.3)

Consiste em um cilindro de fibra de vidro com flange na sua parte superior, um prensa-cabo à meia altura e um furo central no fundo. É um dos componentes do amostrador desmontado com mais frequência, para a troca das escovas do motor ou do próprio motor. A manutenção do motor e de suas escovas pode ser visto com detalhe na Subseção 9.3.

O porta-motor é mantido preso pela abraçadeira fixada no fundo da casinhola. Para removê-lo, primeiramente solte-o de sua abraçadeira e retire o plugue do motor de sua respectiva tomada na caixa de tomadas e, em seguida, afrouxe os quatro manípulos de alumínio, tendo o cuidado de segurar firmemente o porta-motor com uma das mãos.

3.3.3 Painel de Controle (Figuras 3.1, 3.2 e 9.2)

O painel de controle é de alumínio anodizado e contém, de cima para baixo, os seguintes instrumentos e acessórios: variador de tensão (Vari-Vol), voltímetro digital, timer, horâmetro, chave liga-desliga, sinaleiro e porta-fusível. Além disso, conta com um plugue de extensão para recebimento da força elétrica e duas tomadas laterais para recebimento dos plugues elétricos do motoaspirador (a de cima) e do registrador (a de baixo). Compacto, o painel é fixado no interior da casinhola, à direita do observador, por apenas dois parafusos.

O painel contém quase todo o sistema elétrico do amostrador. Ver o esquema elétrico do amostrador na Figura 9.2.

3.3.4 Registrador Contínuo de Vazão (Figuras 3.1, 3.2 e D.1)

O registrador de vazão instalado no AGV PTS é na realidade um transdutor de pressão que funciona da seguinte maneira quando instalado no amostrador: o ar deslocado pelo motoaspirador é comprimido ao passar pelo furo no fundo do cilindro de alojamento do motor, exercendo uma pressão que é transmitida ao transdutor através de uma mangueira. No transdutor, a pressão movimenta um fole que, por sua vez, movimenta uma pena sobre uma carta gráfica. Assim, quanto maior for a vazão, maior será a pressão, e quanto maior for esta, maior será a deflexão da pena sobre a carta. Tem-se assim uma ligação entre a vazão e a deflexão da pena. Resta então apenas dar para cada deflexão, de 0 a 10 na carta, o valor correspondente da vazão. Consegue-se isto fazendo-se a calibração do registrador com um calibrador padrão de vazão (CPV).

O registrador do AGV PTS é ajustado na fábrica de tal modo que, trabalhando a 110 V (ou 220 V), o limite 1,7 m^3/min. fique entre o “6” e o “7” da carta gráfica.

Ver detalhes sobre o registrador no Apêndice D.

No Capítulo 4.0, será abordada a calibração do registrador e, no Capítulo 8.0, mostrar-se-á como calcular o volume a partir do traçado na carta gráfica.

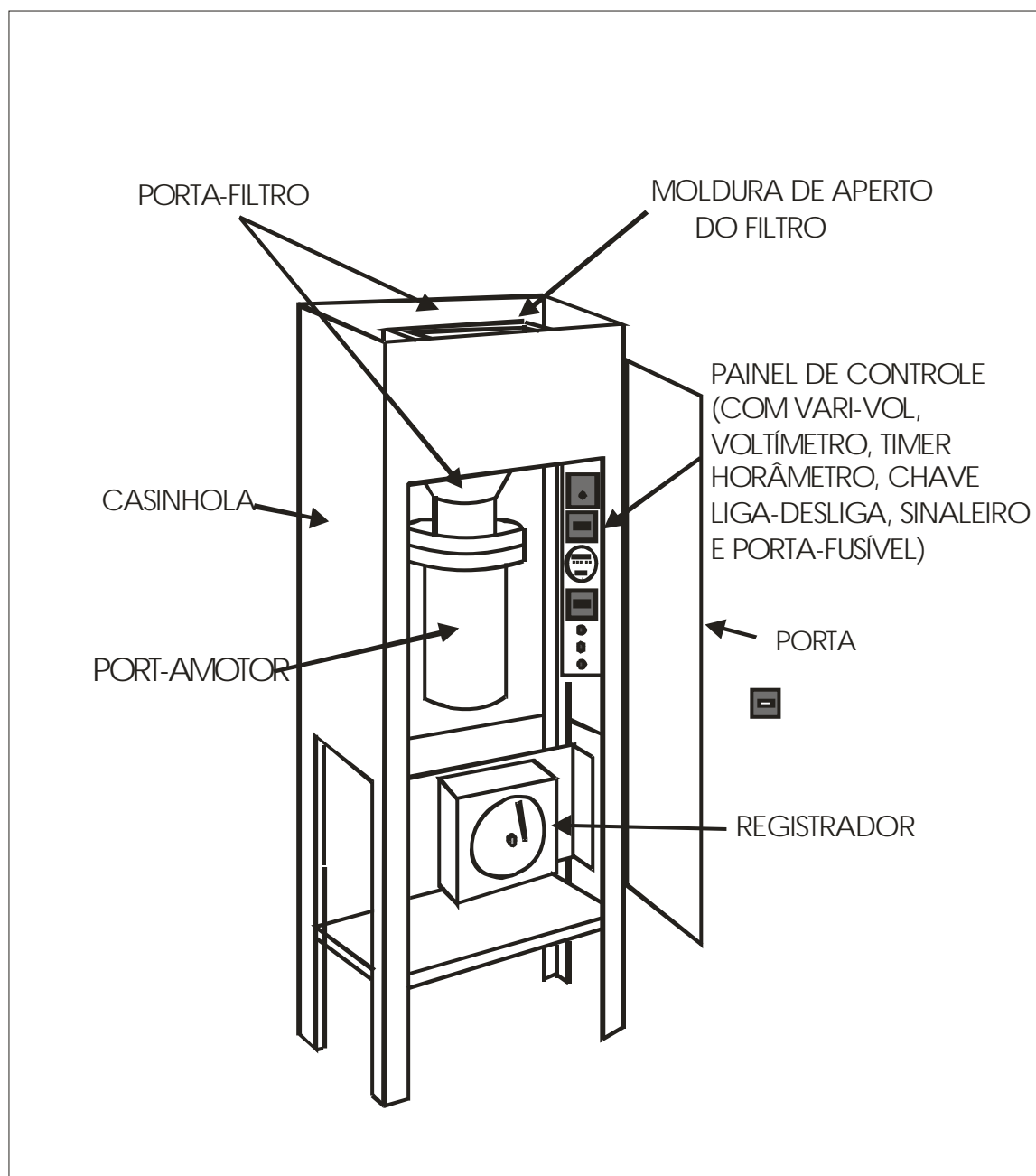



Figura 3.2 Base do AGV PTS (sem o teto de entrada)

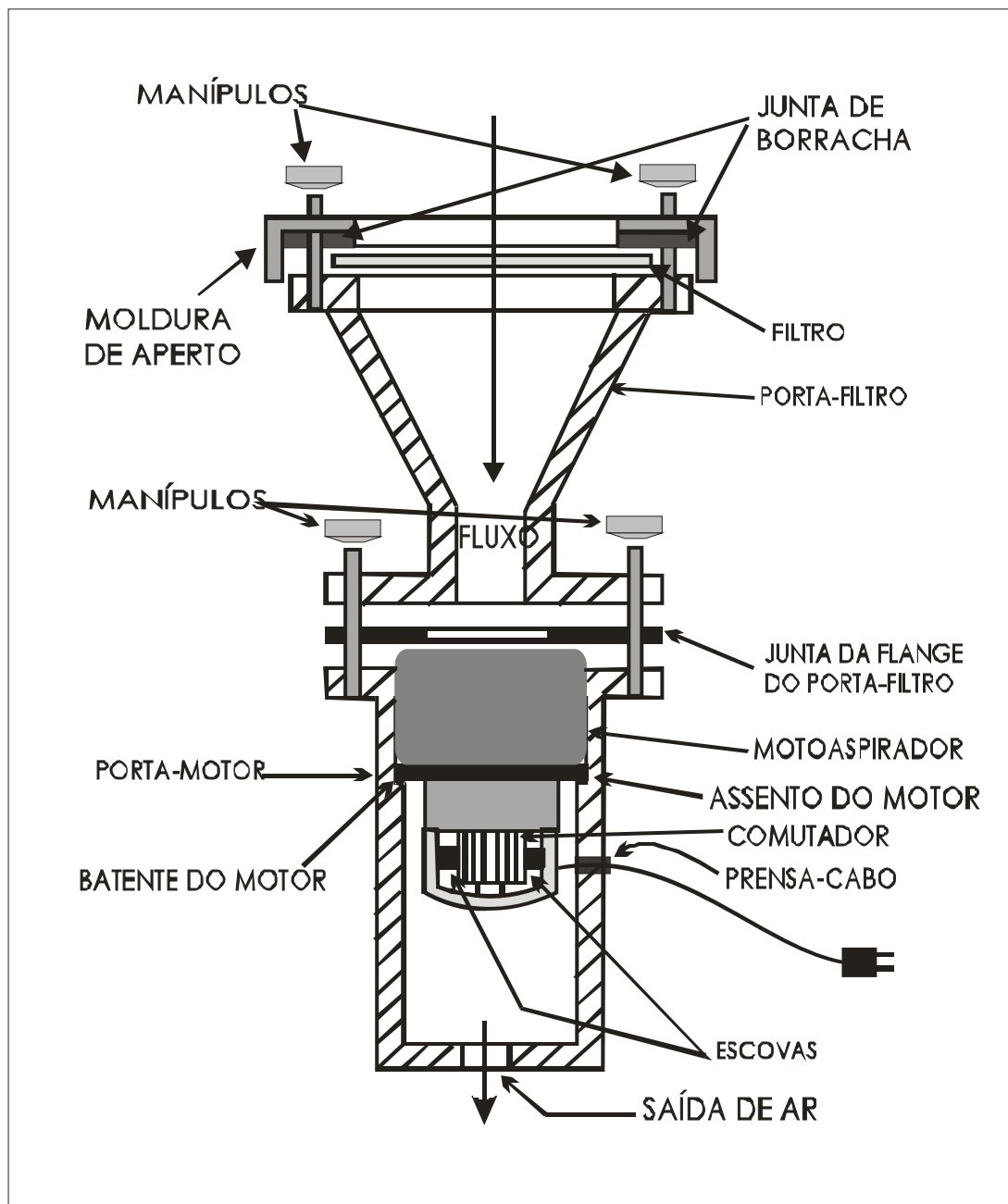



Figura 3.3 Conjunto Porta-filtro/motor

3.3.5 Componentes Menores

Abraçadeira do porta-motor. - Dentro da casinhola, à altura do porta-motor (quando instalado), está fixada uma estrutura de alumínio, tipo abraçadeira, cuja finalidade é manter firme, durante transporte do amostrador, o conjunto porta-filtro/motor. A abraçadeira propriamente dita é forrada de borracha e é dotada de dois parafusos e porcas de aperto.

Cabo de força (Figura 3.4). - O cabo de força, de 5 m, fornecido com o amostrador, penetra no aparelho através de um prensa-cabo instalado na lateral de fundo. Na sua extremidade interna, o cabo é dotado de uma tomada de extensão, para receber o plugue de alimentação do painel de controle.

Alças para transporte. - Para transporte do aparelho, estas alças estão localizadas nas duas laterais da casinhola.

Porta. - É dotada de fecho e chave.

3.4 Montagem do AGV PTS

O AGV PTS é normalmente fornecido numa caixa de embalagem única e já montado.

1. Retire o amostrador de sua caixa de embalagem.

2. Certifique-se de que o porta-filtro já está acoplado ao porta-motor. O acoplamento é por aperto, com quatro parafusos de inox, das respectivas flanges. Verifique se a junta que fica entre as flanges está intacta e no lugar. Ver Figura 3.3.

3. Verifique se o conjunto porta-filtro/motor está bem assentado no seu alojamento na bandeja superior da base.

4. Verifique se o motoaspirador está alojado no seu respectivo porta-motor (parte cilíndrica, de fibra de vidro), com seu cabo elétrico devidamente apertado no prensa-cabo do porta-motor.

5. Verifique se a mangueira do registrador contínuo está instalada, conectando o adaptador do registrador ao adaptador do porta-motor. Certifique-se de que ambas as extremidades da mangueira estejam bem conectadas, a fim de evitar vazamentos. Ver Figura 3.4 com detalhes.

6. Certifique-se de que os plugues do motoaspirador e do registrador estejam encaixados nas respectivas tomadas do painel de controle. A tomada do motoaspirador é a que fica acima.

7. Caso o amostrador esteja sendo instalado no seu local definitivo, não se esqueça e ancorá-lo firmemente no seu pedestal.

8. Levante o teto de entrada e mantenha-o aberto com a escora de suporte instalada na lateral do topo da base (lado esquerdo do operador).

9. Coloque um filtro e uma carta gráfica (podem ser usados, para teste) no amostrador. Ligue o amostrador e certifique-se de que a pena do registrador se desloca para a direita da carta. Desligue o amostrador.

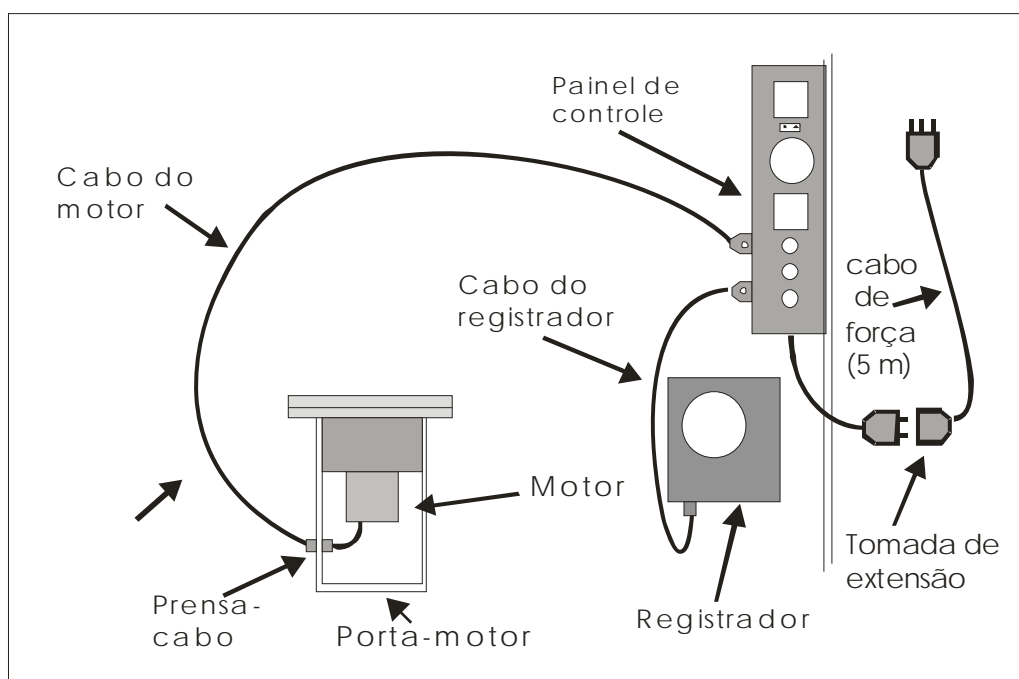
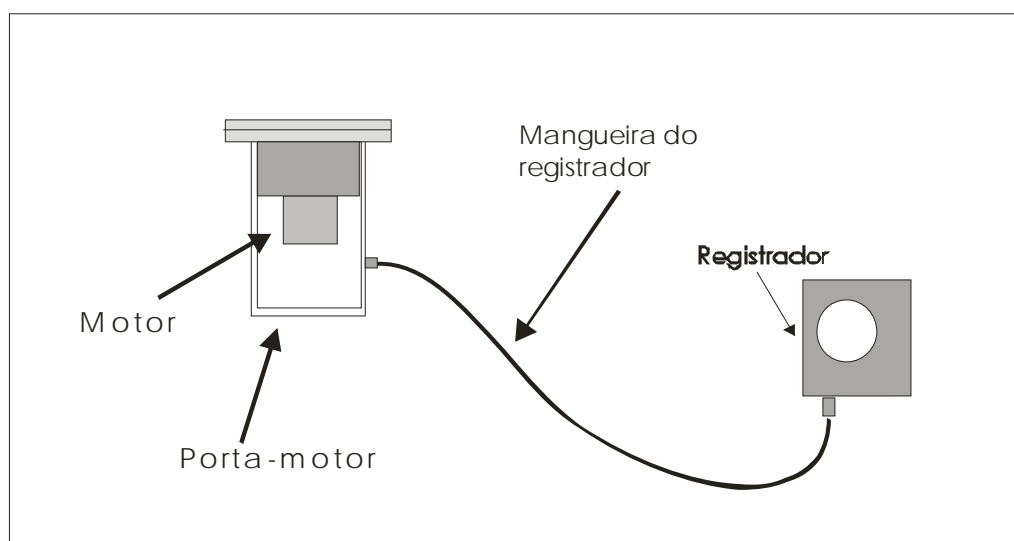
10 Baixe o teto de entrada e feche a porta do amostrador.

CABOS ELÉTRICOS

MANGUEIRA DA TOMADA DE PRESSÃO DO REGISTRADOR

Figura 3.4 Detalhes Esquemáticos de Ligações Elétricas e Mangueiras de Tomada de Pressão

3.5 Energização do AGV PTS

A energização do AGV PTS se dá em três estágios:

1) **Ligação na tomada de alimentação. -** O AGV PTS vem com um cabo de extensão de 5 m, tendo, numa extremidade, um plugue grande de dois pinos e terminal para terra e, na outra, uma tomada de prolongamento para receber um plugue menor que se estende da traseira do painel de controle. A função deste segundo plugue é facilitar a desmontagem do painel para reparo do sistema elétrico. Portanto, certifique-se, de início, de que ambos os plugues estejam devidamente encaixados.

2) **Chave liga-desliga. -** Localizada no painel, a chave, quando ligada (para cima), deixa o sistema em condições de se energizar. Quando o timer já está programado para acionar o amostrador, todos os consumidores (motor, registrador, variador de tensão, voltímetro e horâmetro) se energizam ao se ligar a chave. O timer digital já é energizado por uma bateria embutida, a fim de não parar o "clock" de seu sistema. O sinaleiro logo abaixo da chave indica, quando aceso, que o sistema está ligado. Um porta-fusível, abaixo do sinaleiro, serve para proteção. Recomenda-se usar fusível de 10 A (para 110 V) ou de 5 A (para 220 V). Caso ligar a chave e o sinaleiro não acender, sugere-se ao usuário verificar primeiramente se o fusível está bom e bem encaixado. Se nada houver de errado com o fusível, o usuário deve então checar a alimentação.

3) **Acionamento do timer -** Quando acionado, o timer liga, simultaneamente, o motor, o registrador e o horâmetro. Normalmente, o timer liga e desliga automaticamente, segundo uma programação prévia. Entretanto, ele pode ser ligado e desligado manualmente, a qualquer momento que se queira. A programação do timer é objeto do Apêndice A. Nota: Após algum tempo, a bateria do timer se descarrega, tendo-se que trocá-la. Recomenda-se trocar a bateria a cada ano.

3.6 Voltagem Adequada

A velocidade do motoaspirador é sensível à variação da voltagem, de modo que a voltagens excessivas, como por exemplo acima de 120 V (ou de 240 V, para amostrador de 220 V), o amostrador, com filtro limpo, pode trabalhar com níveis de vazão acima do limite máximo de 1,7 m^3/min. ditado pelas normas. Além disso, é significativo o desgaste do motor (coletor e escovas) à alta voltagem.

Pelas razões expostas acima, torna-se conveniente trabalhar-se a níveis de voltagens os mais baixos possíveis, contanto, obviamente, que não se deixe de atender às normas.

O AGV PTS é dotado de um variador de tensão (que a ENERGÉTICA chama de Vari-Vol), que possibilita operar o motor a voltagens reduzidas. Dados técnicos do Vari-Vol são apresentados no Apêndice B. A ENERGÉTICA recomenda ajustar o Vari-Vol para uma voltagem de saída de 95 V (para o amostrador de 110 V) e de 190 V (para o de 220 V). Nestes níveis de voltagem, o amostrador opera de maneira adequada dentro da faixa de vazão estabelecida pela norma. Oriente-se pelo voltímetro do painel. Caso o painel do amostrador seja antigo (sem voltímetro), recomenda-se utilizar um multímetro comum para as leituras da voltagem.

3.7 Controle do tempo

O amostrador é normalmente usado para coletas de 24 horas.

Controla-se o tempo de coleta programando-se o timer para energizar e desenergizar o amostrador no horário desejado. É bom lembrar que o timer tem apenas a função de ligar e desligar o aparelho. O timer do AGV PTS é digital, de alta precisão.

O registrador dá um giro completo em 24 horas.

Tanto o timer quanto o registrador dão também indicação do tempo de amostragem. Entretanto, estas indicações não têm valor formal. Formalmente, o tempo decorrido de amostragem é apenas aquele indicado pelo horâmetro, que indica o tempo cumulativamente e com grande precisão (em centésimo da hora). O horâmetro é também útil na determinação do tempo acumulado do uso do motor e de suas escovas, o que facilita a realização de programas de manutenção preventiva.

Detalhes sobre o horâmetro são apresentados no Apêndice C.

3.8 Volume de Ar Amostrado

O volume é dado de maneira indireta: vazão x tempo. A vazão varia ao longo da amostragem e é obtida por meio de uma correlação com a deflexão da pena no registrador. O volume então, como é mostrador na Seção 8.0, é obtido dividindo-se a carta gráfica de registro em intervalos de tempo (24 intervalos de 1 hora cada), calculando-se o volume de ar para cada intervalo (vazão média em cada intervalo multiplicada pelo respectivo tempo do intervalo) e, finalmente, totalizando-se os vários volumes individuais dos segmentos.

3.9 Calibrador Padrão de Vazão (CPV)

Nas normas americanas, o sistema empregado para calibração da vazão de um AGV tem o nome inglês de "flow-rate transfer standard", que poderia ser traduzido por "padrão de transferência de vazão". No Brasil, o calibrador tem sido há anos conhecido popularmente pelo termo "kit de calibração". Aqui neste manual, achamos por bem adotar o termo CPV, ou seja, as iniciais de Calibrador Padrão de Vazão, como é identificado na norma NBR 9547 (Ref. 2).

Há dois tipos comuns de CPV disponíveis (ambos do tipo orifício): um com um conjunto de placas de resistência fixas e outro com uma válvula de resistência variável. Este segundo tipo permite ser ajustado externamente, sem que se tenha que desmontar a unidade.

O CPV fabricado pela ENERGÉTICA é do tipo simples, com placas múltiplas. Ele é fornecido com um copo com um orifício, uma placa adaptadora (para instalação no amostrador), um certificado de calibração do copo de orifício, um conjunto de cinco placas circulares de resistência, respectivamente com 5, 7, 10, 13 e 18 furos, um manômetro de coluna contendo um líquido indicador de densidade 1,0 e com 400 mm na escala e uma mangueira flexível para ligação do copo de orifício ao manômetro. Ver Figura 3.5 com um croqui do CPV ENERGÉTICA.

Nota: O CPV utilizado na calibração do AGV PTS é idêntico ao utilizado na calibração do PTS/CVV, à exceção das placas de resistência empregadas. Enquanto no PTS emprega-se as tradicionais placas de 5, 7, 10, 13 e 18 furos, no PTS/CVV omite-se as placas de 5 e 7 furos e acrescenta-se as de 8 e 9 furos. Ficam, portanto, as placas de 8, 9, 10, 13 e 18 furos.

Ressalta-se que o CPV fornecido pela ENERGÉTICA não inclui nem o termômetro nem o barômetro, pois supõe-se que o cliente já os possui.

A metodologia de calibração do CPV é apresentada no Apêndice F.

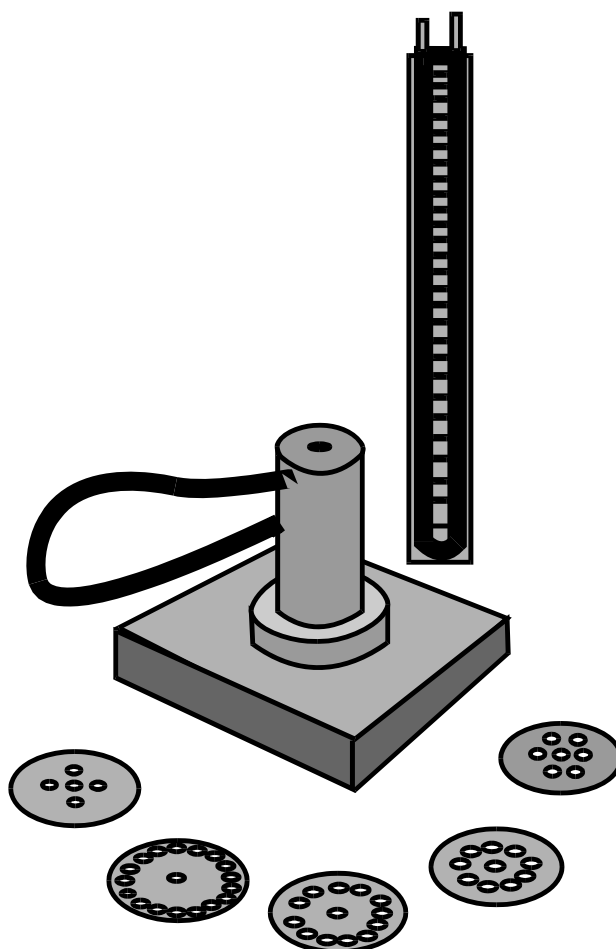
.

No croqui vê-se a placa adaptadora, o copo de orifício e a mangueira que vem do manômetro em U e as placas de resistência. Nota: São utilizadas, normalmente, cinco placas na calibração do PTS.
Para a colocação de cada placa, remove-se o copo de orifício, coloca-se a placa sobre a junta de vedação e em seguida recoloca-se o copo pressionando-o à placa com o conjunto macho-fêmea rosqueado de acoplamento.
No desenho, o manômetro em U, em posição vertical, está com seu líquido em posição zerada. O terminal com espigão recebe a mangueira que vem do copo do orifício. O outro terminal fica aberto para a atmosfera durante a operação. O cursor com a escala pode ser deslocado, pelo usuário, para cima e para baixo. Ele tem, no centro, uma porca redonda que serve para aperto e como manípulo. As duas torneiras nos terminais são para impedir que se derrame o líquido, quando o manômetro não estiver em uso.
Deve-se ressaltar que o copo de orifício é o componente primordial do CPV, pois é pelo orifício que passa a vazão que funciona como padrão. Portanto, o orifício, devido à sua importância, deve ser protegido contra impacto ou qualquer outra ação que altere a sua geometria. Caso venha a ocorrer alteração, por menor que seja, o copo com orifício tem que ser enviado para recalibração.

Figura 3.5 Croqui do CPV ENERGÉTICA

3.10 Testes de Estanqueidade

Os testes de estanqueidade devem ser realizados antes de cada calibração (ver Subseção 4.3 para detalhes) ou quando se tornar necessário por outra razão. Deve-se proceder da seguinte maneira:

1. Monte o sistema de calibração conforme ilustrado na Figura 4.2. O AGV PTS é calibrado sem filtro instalado. A perda de carga do filtro em operação é simulada com um calibrador padrão de vazão (CPV). Quando for instalar a placa adaptadora do CPV na tela de suporte do filtro, aperte bem os manípulos, em cantos alternados, de modo a impedir vazamentos e a obter aperto uniforme. O aperto deve ser à mão; compressão em demasia pode danificar a junta. Certifique-se de que a junta do CPV esteja entre a placa adaptadora e o CPV. Instale o CPV na placa adaptadora, certificando-se de que o anel de aperto fica bem rosqueado.

2. Tape, com uma fita adesiva reforçada ou com uma tampa de borracha, o orifício do CPV. Feche ambas as válvulas (torneiras) do manômetro de 400 mm (associado ao CPV). Com as válvulas fechadas, o fluido não se movimenta. Verifique, pela porta da casinhola, se a mangueira encaixada na tomada de pressão do porta-filtro está encaixada, na outra extremidade, na tomada de pressão do registrador. Caso não esteja conectada adequadamente, conecte-a.

   <u>Atenção</u>: antes de ligar o amostrador, certifique-se **mesmo** que as válvulas do manômetro do kit de calibração estejam fechadas. Caso estiverem abertas, corre-se o risco de que, na hora do teste de estanqueidade, o líquido do manômetro seja sugado pelo motoaspirador.

3. Ligue então o amostrador. Em seguida, sacuda levemente o copo do CPV e verifique se não ocorre um som de assovio, indicativo de que há vazamento no sistema. Vazamento geralmente ocorre por aperto inadequado da placa adaptadora no porta-filtro ou do CPV na placa adaptadora, ou por juntas - da placa adaptadora e do CPV - desgastadas. Troque as juntas caso estejam desgastadas.

4. Caso não haja vazamentos no sistema, desligue o amostrador e retire a fita adesiva que está bloqueando o orifício do CPV.

   <u>Atenção</u>: cuidado para não queimar o motor. Lembre-se que ele é de refrigeração direta; portanto, seja rápido.

5. Inspecione a mangueira do manômetro e veja se não há quebras e dobras. Com as torneiras dos manômetros abertas, ligue o amostrador momentaneamente e verifique se o fluido se movimenta livremente. Ajuste a escala do manômetro, de modo que o zero coincidam com os fundos dos meniscos.

6. Prossiga com a calibração do amostrador, conforme a Subseção 4.3.

4.0 PROCEDIMENTOS DE CALIBRAÇÃO

Antes de se iniciar um programa de monitoramento, é essencial checar e calibrar adequadamente os instrumentos de amostragem e de laboratório. Visto de uma maneira geral, para que os resultados das amostragens sejam válidos, tem-se que manter devidamente calibrados os seguintes instrumentos:

- **Do amostrador:**
  - O registrador contínuo de vazão (vazão operacional)
  - O horâmetro (tempo decorrido de amostragem)
  - O timer (programação de liga-desliga do amostrador)
- **Do laboratório:**
  - A balança (pesagem dos filtros)
  - O higrômetro (controle da umidade na câmara de condicionamento dos filtros)
  - Os termômetros (temperaturas na calibração e operação do amostrador e no condicionamento dos filtros)
  - O barômetro (pressões na calibração e operação do amostrador)

O AGV PTS, conforme já sabemos, é calibrado contra um calibrador padrão de vazão (CPV) do tipo orifício. O CPV é, portanto, um instrumento importante e tem que ser bem conhecido pelo operador do AGV PTS.

Neste manual, a calibração do CPV será abordado na Subseção 4.2; a do registrador de vazão, na Subseção 4.3; e as de todos os outros instrumentos associados, na Subseção 4.4.

Nota: É exigida a consistência das unidades de temperatura e pressão barométrica. É recomendado que todas as temperaturas sejam expressas em graus Kelvin (K = °C + 273) e que todas as pressões barométricas sejam expressadas em mm Hg. Evite calibrar o PTS usando um conjunto de unidades e depois realizar os cálculos da amostragem usando um outro conjunto de unidades.

4.1 Considerações Preliminares

4.1.1 Medições da Vazão

Conforme a NBR 9547 (Ref. 2), tanto a calibração como o monitoramento da vazão operacional do AGV PTS são feitos em unidade de vazão volumétrica padrão (Q_p), de modo que o certificado de calibração do CPV tem que formalmente apresentar a vazão nas condições-padrão. Por outras palavras, a correção da vazão para condições-padrão (25 °C ou 298 K e 760 mm Hg) já é realizada na calibração do CPV. Ver detalhes da calibração do CPV no Apêndice F.

A vazão de ar corrigida para vazão volumétrica padrão é simbolizada por Q_p. A unidade tradicionalmente usada é o m^3-padrão/min. Caso se queira converter Q_p para condições reais, a vazão volumétrica real de ar, medida e expressada nas condições existentes de pressão e temperatura, é simbolizada por Q_r. A unidade usada para Q_r é m^3/min.

As unidades de medida de Q_r e Q_p não devem ser confundidas e intercambiadas. As unidades de vazão podem ser convertidas como segue, contanto que a temperatura e a pressão existentes (ou, em alguns casos, a temperatura e a pressão médias durante um período de amostragem) sejam conhecidas:

$$Q_p = Q_r \left(\frac{P_a}{P_p} \right) \left(\frac{T_p}{T_a} \right) \quad \text{(Eq. 4.1)}$$

$$\overline{Q_p} = \overline{Q_r} \left(\frac{P_3}{P_p} \right) \left(\frac{T_p}{T_3} \right) \quad \text{(Eq. 4.2)}$$

$$Q_r = Q_p \left(\frac{P_p}{P_a} \right) \left(\frac{T_a}{T_p} \right) \quad \text{(Eq. 4.3)}$$

onde:

Q_p = vazão volumétrica padrão, m^3-padrão/min.
Q_r = vazão volumétrica real, m^3-real/min.
P_a = pressão barométrica ambiente, mm Hg
P_p = pressão barométrica padrão CONAMA, 760 mm Hg
T_p = temperatura padrão CONAMA, 298 K
T_a = temperatura ambiente, K (K = °C + 273)
$\overline{Q_p}$ = vazão volumétrica padrão média para o período de amostragem, m^3-padrão/min.
$\overline{Q_r}$ = vazão volumétrica real média para o período de amostragem, m^3/min.
P_3 = pressão barométrica ambiente média durante o período de amostragem, mm Hg
T_3 = temperatura ambiente média durante o período de amostragem, K

4.1.2 Procedimento Didático

Para fins didáticos, a ENERGÉTICA divide todo o processo de utilização do AGV PTS em três fases, conforme a NBR 9547, ou seja:

- Fase 1 - Calibração do CPV
- Fase 2 - Calibração do AGV PTS
- Fase 3 - Operação de amostragem com o AGV PTS

A idéia de dividir em fases é para evitar confusão entre condições (temperatura e pressão). Quando, por exemplo, o usuário ver T_3, isto se refere à temperatura na fase de operação do amostrador. Na Equação 4.4, abaixo, a_1 (inclinação da reta) e b_1 (intercepto da reta) dizem respeito à relação de calibração do CPV e T_2 e P_2 dizem respeito à temperatura ambiente e pressão barométrica durante a calibração do AGV PTS.

4.1.3 Condições de Temperatura e Pressão

A rigor, as determinações da vazão operacional do AGV PTS teriam que ser realizadas tendo-se à disposição os valores das temperatura (T_3) e pressão (P_3) médias individuais para cada período de 24 horas de amostragem. A obtenção de P_3 e T_3 não é uma tarefa fácil numa amostragem de 24 horas, a não ser que o usuário possua registros contínuos dos dois índices meteorológicos no local, que possibilitem obter as médias durante a amostragem.

Segundo a EPA (Ref. 7), os erros decorrentes das flutuações diárias da temperatura ambiente e da pressão barométrica são relativamente pequenos, comparados com os efeitos da altitude na pressão barométrica e das alterações sazonais na temperatura ambiente, de modo que é possível utilizar-se, em muitas regiões, onde as alterações de temperatura e pressão não são significativas, as médias sazonais, semestrais ou mesmo anuais.

Ainda segundo a EPA (Ref. 7), a pressão barométrica média sazonal para o local, P_s, pode ser estimada a partir da altitude do local, usando-se, para isso, uma tabela de pressão-altitude ou

reduzindo-se a pressão ao nível do mar, de 760 mm Hg, em 8,8 mm Hg para cada 100 m de altitude. Por exemplo, a 500 m de altitude, a pressão barométrica seria de aproximadamente 716 mm Hg. A pressão média sazonal pode também ser determinada tirando-se a média de leituras no local com um barômetro ou de medidas de uma estação meteorológica ou aeroportos próximos (pressão da estação, não corrigida) durante vários meses. A ABNT (Ref. 2) recomenda que a pressão barométrica média sazonal situe-se dentro de ± 60 mm Hg da pressão barométrica verdadeira para aquele local.

A temperatura média sazonal (ou semestral, ou anual), T_s, para um local pode ser estimada a partir de leituras de temperatura no local ou dos registros de estações meteorológicas próximas durante o período sazonal. De preferência, a temperatura média deve refletir a temperatura na hora ou dia no qual o registrador é normalmente lido. Contudo, é aceitável uma média determinada a partir de registros de médias diárias (24 horas) da temperatura. Para alguns locais - em áreas tropicais ou equatoriais, por exemplo - é suficiente uma temperatura média (anual); em outros, são suficientes duas temperaturas médias (verão e inverno); porém, para locais onde as alterações climáticas são severas, podem ser necessárias quatro temperaturas médias sazonais para acomodar as alterações.

De preferência, conforme a ABNT (Ref. 2), a temperatura média sazonal (ou semestral, ou anual) deve geralmente situar-se dentro de ± 15 °C da temperatura ambiente local no momento da leitura do registrador. Caso as alterações diárias da temperatura no local sejam muito drásticas, impedindo-a de ser representada por uma média sazonal (para ± 15 °C), deve-se obter as correções reais da temperatura toda vez que se for ler a vazão.

4.2 Calibração do Calibrador Padrão de Vazão (CPV)

O CPV é um calibrador secundário, calibrado, por sua vez, contra um medidor padrão de volume (MPV) de deslocamento positivo (tipo Roots, por exemplo), também secundário, rastreável a um padrão primário. Ver detalhes técnicos na Subseção 3.9.

A calibração do CPV deve resultar numa relação Q_p (vazão nas condições padrão) versus dH_c (pressão diferencial manométrica), a pressão barométrica (P_2) e a temperatura ambiente (T_2), relação esta na forma de uma reta, definida por uma inclinação a_1 e um intercepto b_1. A ENERGÉTICA fornece, com o CPV, um certificado de calibração, com os dados da calibração e a equação da reta obtida por regressão linear. Ver exemplo de certificado resumido na Figura 4.1.

Note-se na Figura 4.1 que são apresentados resultados (inclinação a_1 e intercepto $_{b1}$) para duas condições, a saber: condições reais e condições padrão. Os resultados para condições reais são para calibração do AGV MP_{10}. Os para condições padrão são para calibração do AGV PTS, objeto do presente manual. No exemplo da Figura 4.1, a_1 = 2,919 e b_1 = 0,017.

No Apêndice F pode-se ver exemplo de um certificado formalmente emitido pelo Laboratório de Metrologia da ENERGÉTICA (LME), com resultados semelhantes aos dados da Figura 4.1, ou seja: a_1 = 2,919 e b_1 = 0,017. Ver estes dados na Página 3/4 do certificado.

Com o certificado do CPV, o usuário poderá determinar os vários valores para a vazão durante a calibração do amostrador. A equação da reta a ser utilizada tem a forma:

$$Q_p = \frac{1}{a_1}\left(\sqrt{dH_c\left(\frac{P_2}{760}\right)\left(\frac{298}{T_2}\right)} - b_1\right) \quad \text{(Eq. 4.4)}$$

onde:

Q_p = vazão volumétrica em condições padrão indicada pelo CPV, m^3-padrão/min.
dH_c = perda de carga através do orifício do CPV, cm H_2O
P_2 = pressão barométrica durante a calibração do AGV PTS, mm Hg
T_2 = temperatura ambiente durante a calibração do AGV PTS, K (K = °C + 273)
a_1 = inclinação da relação de calibração do CPV
b_1 = intercepto da relação de calibração do CPV

CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO DO CALIBRADOR PADRÃO DE VAZÃO (CPV) (VAZÃO EM AMBAS AS CONDIÇÕES – REAL E PADRÃO)

CPV n°: *0289* **MPV (Medidor Roots) n°:** *MDRT-002*
Data da Calibração: *23/01/09*
Data em Serviço: ____________ **T_1 (°C):** *24,6* **P_1 (mm Hg):** *760,2*
Calibração realizada por *José Silva*

DADOS DA CALIBRAÇÃO:

	Placa ou Volts	t (min.)	dH_c (cm H_2O)	dP (mm Hg)	V_m (m^3)	
	45	*3,65*	*10,2*	*1,3*	*3,9714*	
	50	*3,36*	*12,0*	*1,5*	*3,9700*	
	55	*3,14*	*13,7*	*1,8*	*3,9690*	
	65	*2,72*	*18,1*	*2,3*	*3,9668*	
	75	*2,45*	*22,4*	*2,8*	*3,9654*	
	85	*2,22*	*27,1*	*3,6*	*3,9641*	

TABULAÇÃO DE DADOS:

Tensão	Condições Reais			Tensão	Condições Padrão		
		(Eixo - x)	(Eixo - y)			(Eixo - x)	(Eixo - y)
(volts)	V_a (m^3)	Q_r (m^3/min.)	$(dH_c \times T_a/P_a)^{1/2}$	(volts)	V_p (m^3)	Q_p (m^3/min.)	$[dH_c(P_a/T_a)(298/760)]^{1/2}$
45	*3,887*	*1,086*	*1,993*	*45*	*3,979*	1,090	3,194
50	*3,965*	*1,180*	*2,170*	*50*	*3,975*	1,183	3,473
55	*3,963*	*1,262*	*2,316*	*55*	*3,966*	1,263	3,704
65	*3,949*	*1,452*	*2,663*	*65*	*3,960*	1,456	4,264
75	*3,947*	*1,611*	*2,962*	*75*	*3,949*	1,612	4,735
85	*3,954*	*1,781*	*3,260*	*85*	*3,954*	1,781	5,206

REGRESSÃO LINEAR:

Cond. Reais	
a_1	1,828
b_1	0,011
r_1	0,999

Cond. Padrão	
a_1	2,919
b_1	0,017
r_1	0,999

FÓRMULAS PARA CÁLCULOS DE V_p, Q_p, V_a e Q_a ACIMA:

$$V_a = V_m\left(\frac{P_1 - dP}{P_1}\right) \quad Q_a = \frac{V_a}{t}$$

$$V_p = V_m\left(\frac{P_1 - dP}{760}\right)\left(\frac{298}{T_1}\right) \quad Q_p = \frac{V_p}{t}$$

PARA CÁLCULO DAS VAZÕES NAS CALIBRAÇÕES POSTERIORES DOS AGVs:

DO AGV MP_{10} E DO PTS/CVV:

$$Q_a = \frac{1}{a_1}\left(\sqrt{dH_c\left(\frac{T_a}{P_a}\right)} - b_1\right)$$

DO AGV PTS:

$$Q_p = \frac{1}{a_1}\left(\sqrt{dH_c\left(\frac{P_2}{760}\right)\left(\frac{298}{T_2}\right)} - b_1\right)$$

Figura 4.1 Formulário de Calibração Resumido do CPV, com exemplo

Nota 1: Vale esclarecer que a Equação 4.4 é uma forma remanejada (com o Q_p explicitado) da equação abaixo, que pode ser chamada de "reta de calibração".

$$\sqrt{dH_c\left(\frac{P_2}{760}\right)\left(\frac{298}{T_2}\right)} = a_1 Q_p + b_1 \qquad \text{(Eq. 4.5)}$$

que tem a forma Y = aX + b, onde

$Y = \sqrt{dH_c\left(\frac{P_2}{760}\right)\left(\frac{298}{T_2}\right)}$
$a = a_1$
$X = Q_p$
$b = b_1$

Nota 2: O usuário deverá observar que a reta acima dá a vazão (Q_p) corrigida para as condições-padrão (760 mm Hg e 298 K), atendendo, assim, à Resolução n° 3 do CONAMA.

De acordo com a NBR 9547 (Ref. 2), o CPV deve ser calibrado na sua aquisição e, subsequentemente, recalibrado em intervalos de um ano. Os copos de orifício do CPV devem ser inspecionados visualmente antes de cada aplicação. Sinais de amassaduras no orifício implicam recalibração ou mesmo sucateamento do copo.

4.3 Calibração do AGV PTS

A calibração do AGV PTS se refere, na realidade, à calibração do registrador de vazão. O registrador é o componente mais crítico do amostrador, pois, com ele, obtém-se a vazão de amostragem, a partir da qual se determina o volume de ar amostrado. Essencialmente, o objetivo da calibração do AGV PTS é correlacionar, por meio do CPV, a deflexão da pena do registrador com a vazão de ar que passa no filtro. A Figura 4.2 mostra um croqui do AGV PTS com o CPV montado.

4.3.1 Considerações Preliminares

Algumas considerações importantes antes de iniciar os procedimentos de calibração:

1. A escala da carta gráfica fornecida pela ENERGÉTICA vai de 0 a 10 (adimensionais) e, dentro desta faixa, deve estar a faixa de trabalho do AGV PTS, de 1,1 a 1,7 m^3/min. O CPV é previamente calibrado (ver Apêndice F) dentro de uma faixa aproximada de 1,0 a 1,8 m^3/min, sendo assim adequado para a calibração do AGV PTS.

2. Resulta da calibração uma curva (reta) construída traçando-se uma linha por pontos de correlação entre vazão e deflexão da pena obtidos. Tem-se tradicionalmente traçado uma curva usando-se apenas 5 pontos, mas, na realidade, o usuário, se possuir os meios, pode utilizar um maior número de pontos, tantos quanto queira. Também vale salientar que os pontos correspondentes às placas de resistência (tome-se as do CPV ENERGÉTICA como exemplo) são apenas 5 pontos - poderiam ser outros 5 pontos - convenientemente distribuídos para se levantar a curva. O importante, deve-se fixar em mente, é construir uma curva que cubra a faixa de 1,1 a 1,7 m^3/min., como, por exemplo, com pontos que vão de 1,0 a 1,8 m^3/min. na escala de 0 a 10 da carta.

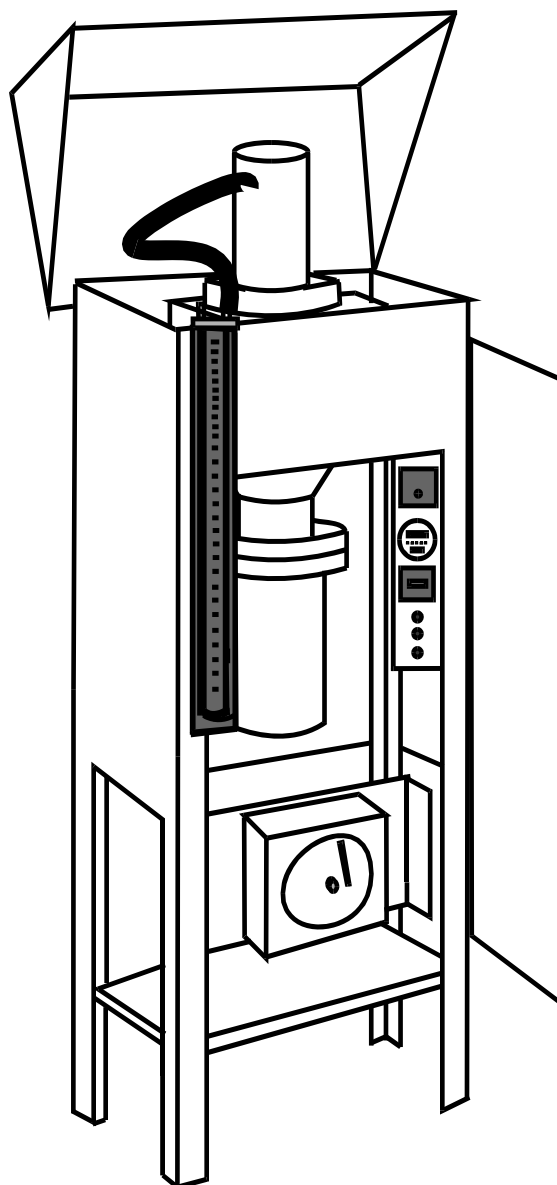
3. Como se sabe, a concentração de PTS no ar ambiente é calculada dividindo-se a massa de partículas coletadas no filtro pelo volume de ar amostrado, corrigido para as condições padrão, e então expressada em microgramas por metro cúbico padrão ($\mu g/m^3$-padrão). Portanto, o resultado da calibração do amostrador deve fornecer a vazão (Q_p) nas condições-padrão.

Desenho apresentando o AGV PTS com o CPV instalado. O manômetro de coluna d’água da ENERGÉTICA é facilmente enganchado na frente, como mostrado na figura, ou na porta do amostrador. Toda a operação de calibração é facilitada pela visão perfeita do conjunto e pela rapidez na colocação das placas de resistência. O conjunto macho/fêmea rosqueada do CPV permite rápidos aperto e remoção do copo de orifício.

Figura 4.2 Exemplo do Esquema de Calibração do Amostrador AGV PTS

4. Visto que o CPV pode estar calibrado em termos de condições reais de temperatura e pressão (condições consideradas por norma para a calibração do MP_{10} e do PTS/CVV), o usuário deve determinar se é o caso e então modificar a curva de calibração para condições padrão, pois o AGV PTS deve ser calibrado em condições-padrão de temperatura e pressão. Note-se que no exemplo da Figura 4.1 os resultados da calibração do CPV estão também para condições-padrão.

5. Por norma, a calibração tem que ser realizada no mesmo local e posição em que se farão as amostragens. Portanto, não se deve, em hipótese alguma, calibrar o aparelho num local e depois deslocá-lo para amostragem em outro local, a não ser que se faça nova calibração.

6. Recomenda-se fortemente que tanto a calibração quanto a operação do amostrador se dê à tensão de 95 V, para amostrador de 110 V, e de 190 V, para amostrador de 220 V. Ver procedimento de ajuste da tensão na Seção 3.6 e no Apêndice B. Após realizada a calibração, não se deve mais mexer no Vari-Vol.

7. Antes do procedimento da calibração, deve-se verificar se a pena do registrador de vazão mantém-se no zero da carta. É permitido dar umas "tapinhas" suaves no registrador a fim de que a pena percorra seu trajeto final até o zero. Se, mesmo com as tapinhas, a pena não voltar ao zero, ajuste-a antes de prosseguir. Veja o procedimento de "zeramento" no Apêndice D. Depois de zerar o registrador, não mexer mais no “zeramento”. Caso mexer no “zeramento” após concluída uma calibração, uma nova calibração tem que ser realizada.

8. A calibração do AGV PTS pode ser afetada por alterações na voltagem de linha. Por esta razão, caso a voltagem de linha no local for baixa e tenda a flutuar significativamente, recomenda-se utilizar um estabilizador de voltagem.

9. Não tente calibrar o amostrador em condições de muito vento. Flutuações rápidas da velocidade poderão acarretar variações nas leituras de pressão do manômetro do CPV. A calibração será menos precisa por causa das variações de pressão. Utilize um anteparo caso note correntes de vento em demasia.

10. Conforme discutido na Subseção 4.1.3, o usuário deve, antes de iniciar as amostragens com seu amostrador, verificar se é possível, para o local da amostragem, considerar a temperatura média sazonal e a pressão barométrica média nos cálculos das amostragens. Isso, como foi explicado, facilita consideravelmente os trabalhos. Caso contrário, o usuário terá que determinar as temperaturas e pressões médias durante a amostragem.

4.3.2 Formulário de Registro de Dados – Calibração do AGV PTS

O formulário de campo, para registro dos dados da calibração, é mostrado na Fig. 4.3. No mínimo os seguintes dados têm que ser registrados:

- **Dados gerais:**
  - Número do formulário de registro
  - Data de emissão do registro
  - Nome do executante
  - Nome do conferencista
- **Dados do equipamento:**
  - Identificação do amostrador
  - Identificação do registrador

AGV PTS - CALIBRAÇÃO

Formulário de Registro de Dados

Número Formulário	*12/0001*
Data de emissão:	*04/04/12*
Executante:	*Lúcia Baso*
Conferencista:	*José Said*

DADOS DO EQUIPAMENTO

AGV PTS N° *HVP-1125* **Registrador N°** *RP4-1326*

DADOS GERAIS DA CALIBRAÇÃO

Local: *Rio* **Data:** *01/04/12* **Hora:** *12:00*

DADOS AMBIENTAIS

Pressão barométrica (P_2): *761* **mm Hg** **Temperatura (T_2):** *27* **°C**

Nota: As condições de referência da Resolução n° 3 do CONAMA são: 25 °C (298 K) para a temperatura ambiente (T_p) e 760 mm Hg (1013,2 mbar) para a pressão barométrica (P_p).

Nota: Caso utilize a alternativa das condições sazonais, anotar abaixo os valores de P_s e T_s:

Pressão barométrica (P_s): *759* **mm Hg** **Temperatura (T_s):** *26* **°C**

Identificação dos padrões de pressão e temperatura:

Barômetro n°	*BAR-002*	**Data de validade:**	*04/06/11*
Termômetro n°	*TER-009*	**Data de validade:**	*28/06/11*

DADOS DO CPV (CALIBRADOR PADRÃO DE VAZÃO) (VER CERT. CALIB.)

Número do CPV: *CPV-0151* **Data última calibração** *23/01/09*

Relação (reta) de calibração:

Inclinação a_1: *2,9510* **Intercepto b_1:** *0,0020* **Correlação r_1:** *0,9990*

MEDIÇÕES DA CALIBRAÇÃO

Placa N°	Pressão diferencial - dH_c cm H_2O		Deflexão da pena na carta
	Leitura para cima	Leitura para baixo	D
18	13,0	13,2	9,4
13	11,0	11,2	7,9
10	9,0	9,4	6,4
7	6,0	6,6	4,6
5	4,0	4,2	2,8

OBSERVAÇÕES

Ass. Executante

Ass. Conferencista

Figura 4.3 Formulário de Registro de Dados - Calibração do AGV PTS (com exemplo)

- **Dados gerais da calibração**
  - Local da calibração
  - Data e hora da calibração
- **Dados ambientais:**
  - Pressão barométrica medida no local durante a calibração (P2)
  - Temperatura ambiente no local durante a calibração (T2)
  - Pressão barométrica média sazonal (Ps), se for considerado a alternativa
  - Temperatura ambiente média sazonal (Ts), se for considerado a alternativa
- **Identificação dos padrões**
  - Identificação e data de validade do barômetro
  - Identificação e data de validade do termômetro
- **Dados do CPV**
  - Identificação do CPV
  - Data da última calibração do CPV
  - Inclinação (a1)
  - Intercepto (b1)
  - Correlação (r1)
- **Medições da calibração:**
  - Dados da pressão manométrica (dHc) para as placas 18, 13, 10, 7 e 5

Nota: anotar no formulário as leituras para cima (a partir do zero da escala) e para baixo (igualmente, a partir do zero da escala) para todas as placas. O usuário deve abster-se de realizar as somas e anotá-las no formulário. A soma será efetuada pela planilha.

- Dados da deflexão da pena na carta gráfica (D) para as placas 18, 13, 10, 7 e 5.

Nota: os dados são inseridos nas células de cor verde do formulário.

4.3.3 Material de Calibração

O usuário deve juntar e levar para a calibração no campo o seguinte material:

- O kit de calibração, com os seguintes constituintes: o CPV, devidamente calibrado; o manômetro de coluna d'água com 0 a 400 mm na escala; as placas de 5,7,10,13 e18 furos; a placa adaptadora; e a mangueira.

- Um termômetro, capaz de medir, com precisão e aproximação de ± 1 °C, na faixa de 0 a 50 °C (273 a 323 K). Caso não possua um termômetro, o usuário deve procurar obter o valor da temperatura numa estação meteorológica a mais próxima possível.

- Um barômetro, portátil, capaz de medir, com exatidão e aproximação de mm Hg, a pressão barométrica ambiente na faixa de 500 a 800 mm. Caso não possua um barômetro, o usuário deve procurar obter o valor da pressão numa estação meteorológica a mais próxima possível.

- Um multímetro, caso seu amostrador não tenha voltímetro, para checar a tensão de entrada no motor.

- Formulário de campo para a calibração (o da Figura 4.3).

- Filtro limpo e carta e pena extra para o registrador.

- Materiais diversos, tais como ferramentas (é imprescindível uma chave de fenda, para girar a carta do registrador), prancheta e material de limpeza.

4.3.4 Procedimento de Calibração do Amostrador

Ao chegar no local, o usuário deve logo verificar se o AGV PTS está pronto para ser energizado e operado de forma adequada. Já sabendo a priori qual dos procedimentos vai seguir com respeito à temperatura ambiente e a pressão barométrica durante as amostragens, o usuário pode finalmente dar início à calibração.

A) Uso dos Valores Médios da Temperatura Ambiente (T_3) e da Pressão Barométrica (P_3) Durante as Amostragens

Utilize o formulário de campo da Fig. 4.3 e proceda da seguinte maneira (Ver a Figura 4.1 apresentando um croqui representativo do amostrador com o CPV):

1. Anote, no formulário de calibração (Figura 4.3), os seguintes dados iniciais:

   - Identificação do amostrador e do registrador.
   - Local e data da calibração do amostrador.
   - Identificação e dados da calibração do CPV.

2. Determine a temperatura ambiente (T_2) e a pressão barométrica (P_2) no local e anote ambas as leituras no formulário de calibração. Identifique o termômetro e o barômetro, se for o caso.

3. Abra a tampa e a porta do amostrador. Em seguida, remova a moldura de aperto do porta-filtro e algum filtro, caso haja, e instale a placa adaptadora do CPV. Aperte bem com os quatro manípulos de aperto. Não permita entrada falsa de ar. Coloque então a placa de resistência Nº 18 sobre a sede circular da placa adaptadora. Em seguida, monte o copo de orifício sobre a placa de resistência, apertando-o com sua rosca de acoplamento. **Nota**: Não instale filtro no porta-filtro durante a calibração.

4. Instale o manômetro do CPV pendurando-o na frente da casinhola (Ver Figura 4.1) ou na porta. Caso o manômetro não esteja zerado, solte a porca da escala e ajuste o zero da mesma com o nível do líquido (após abrir ambas as torneiras do manômetro). Não precisa zerar com rigor. Aperte a porca da escala. Mantenha o manômetro na vertical.

5. Conecte o manômetro do CPV à tomada de pressão (espigão) do copo de orifício de calibração, mediante a mangueira fornecida com o kit de calibração. Abra bem as torneiras do manômetro.

6. Instale uma carta gráfica no registrador, certificando-se de que está girando livremente.

7. Antes de ligar o amostrador, verifique se a pena do registrador de vazão mantém-se no zero da carta. É permitido dar umas "tapinhas" suaves no registrador a fim de que a pena percorra seu trajeto final até o zero. Se, mesmo com as tapinhas, a pena não voltar ao zero, ajuste-a antes de prosseguir. Veja o procedimento de "zeramento" no Apêndice D.

   Atenção: Depois de zerar o registrador, não mexa mais no “zeramento”. Caso mexer no “zeramento” após concluída uma calibração, esta é invalidada e uma nova calibração tem que ser realizada.

8. Ligue o amostrador e deixe-o funcionar por 15 min., para que o ar de exaustão do motoaspirador, dentro do porta-motor, atinja equilíbrio térmico em face da energia calorífica liberada pelo motor. Ao se aquecer, o ar se expande, aumentando a pressão no fole do registrador, transmitida através da mangueira, e, por conseguinte, fazendo com que a pena no registrador se desloque um pouquinho para a direita.

9. Após o aquecimento de 15 minutos, verifique se não há entrada falsa de ar no sistema. Utilize o procedimento da Subseção 3.10 para a checagem da estanqueidade. Não havendo entrada falsa de ar, dê início início ao levantamento dos valores da pressão diferencial no manômetro (dH_c) e da deflexão na pena (D) para as cinco placas de resistência.

   Nota: Como o calibrador ENERGÉTICA permite troca rápida das placas de resistência, não havendo tempo para que o motor e o interior do porta-motor se resfriem, a ENERGÉTICA sugere que não se espere por aquecimento para a segunda placa em diante – muito pelo contrário, tente ser rápido - e que se use o artifício das tapinhas suaves no registrador para que a pena vença qualquer resistência por atrito e se acomode rapidamente na sua posição de equilíbrio. Deste modo, toda a operação não leva mais do que uns poucos segundos.

10. Seguro de que a pena esteja na sua posição de equilíbrio na carta, após aplicar as tapinhas no registrador, registre, na coluna "Pressão diferencial – dH_c" do formulário da Fig. 4.3, as leituras "para cima" e "para baixo" do dH_c (cm H_2O), indicadas na escala do manômetro, para a placa nº 18 (já instalada). A soma das duas leituras dá o dH_c total.

    Atenção: Sempre faça as leituras para acima (a partir do zero da escala) e para baixo (igualmente a partir do zero da escala) e anote-as no formulário de registro. Abstenha-se de somá-las. Deixe a soma para a planilha de cálculo. Lembre-se que anotando as leituras "para cima" e para baixo", você está permitindo que alguém confira as leituras e verifique a soma delas (dH_c total). O zeramento da escala não é crítico, visto que não afeta a soma das leituras.

11. Antes de prosseguir para a próxima placa, ainda com o motor ligado, e seguro que deu as tapinhas no registrador, pegue a chave de fenda, introduza-a na fenda da ferragem quadrada no centro do registrador e gire a carta um pouquinho (cerca de 5 a 10 mm de traçado da pena) no sentido dos ponteiros do relógio. Em assim fazendo, obtém-se um pequeno patamar indicando a deflexão da pena para a placa nº 18. Veja exemplo na Figura 4.4.

12. Desligue o motor, não se preocupando se a pena não retornar completamente ao zero.

13. Mude a placa de resistência para uma com o próximo número de furos em ordem decrescente (nº 13).

14. Ligue o motor e, orientando-se pelo procedimento da Subseção 3.10, verifique se não há entrada falsa de ar no sistema

15. Não havendo entrada fala de ar, anote, na coluna "Pressão diferencial – dH_c" do formulário, as leituras "para cima" e "para baixo" da pressão diferencial no manômetro (dH_c) para a placa 13.

16. Logo em seguida, dê tapinhas no registrador até assegurar-se de que a pena atingiu sua posição de equilíbrio e aí gire a carta (como no Passo 11 acima), traçando um patamar de 5 a 10 mm para a placa nº 13.

17. Desligue o motor.

18. Repita os Passos 13, 14, 15, 16 e 17 para as três placas restantes (nº 10, nº 7 e nº 5).

19. Retire a carta do registrador e anote nela os mesmos dados iniciais anotados no formulário. Em seguida, identifique os cinco patamares traçados pela pena pelos números correspondentes às placas, ou sejam, 18, 13, 10, 7 e 5. Veja exemplo na Figura 4.4.

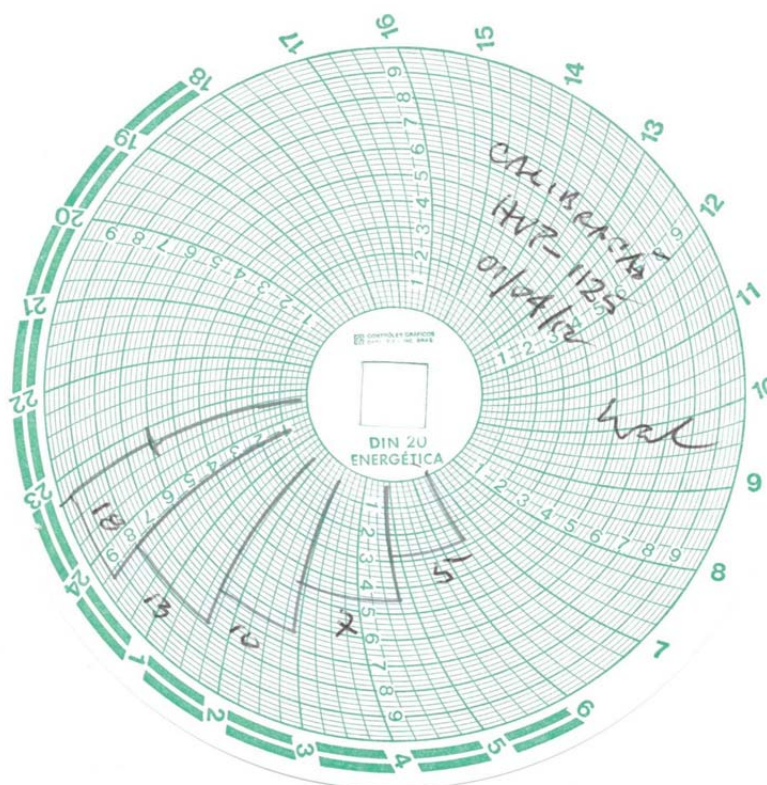



Figura 4.4 Exemplo de Registro na Carta Gráfica das Deflexões da Pena para as Placas de Resistência de 18, 13, 10, 7 e 5 Furos

20. Leia os valores das cinco deflexões, na escala de 0 a 10 da carta, e anote-os na coluna "Deflexão da pena na carta" do formulário de campo. Não jogue fora a carta; anexe-a (grampeie-a) no formulário de campo.

Nota: Ao realizar todos os passos de 1 a 20 o usuário terá preenchido completamente o formulário de campo da Fig. 4.3, estando agora pronto para lançar os dados na respectiva planilha de calibração (ver Fig. 4.5, com exemplo). A planilha de calibração da Fig. 4.5 é fornecida pela ENERGÉTICA. Os dados obtidos no campo devem ser lançados nos campos em verde.

Na planilha da Fig. 4.5 cabem os seguintes esclarecimentos:

1. No cálculo da vazão Q_p na Coluna 4 é utilizada a Eq. 4.4, ou seja:

$$Q_p = \frac{1}{a_1}\left[\sqrt{dH_c\left(\frac{P_2}{P_p}\right)\left(\frac{T_p}{T_2}\right)} - b_1\right] \qquad \text{(Eq. 4.4)}$$

onde

Q_p = vazão volumétrica em condições padrão indicada pelo CPV, m^3-padrão/min.
dH_c = perda de carga através do orifício do CPV, medido com o manômetro de coluna d'água do kit de calibração, em cm H_2O
P_2 = pressão barométrica durante a calibração do AGV PTS, mm Hg
T_2 = temperatura ambiente durante a calibração do AGV PTS, K (K = °C + 273)
P_p = 760 mm Hg (valor de referência do CONAMA) para pressão barométrica
T_p = 25 °C (298 K) (valor de referência do CONAMA para temperatura

PLANILHA DE CALIBRAÇÃO DO AGV PTS (1)

(PARA USO POSTERIOR COM VALORES MÉDIOS DA TEMPERARTURA (T_3) E DA PRESSÃO (P_3) DURANTE A AMOSTRAGEM)

DADOS GERAIS DA CALIBRAÇÃO

AGV PTS Nº	HVP-1125	Registrador Nº	RP4-1326
Local: Rio	Data: 01/04/12	Hora:	12:00
P_2= 761 mm Hg	T_2= 27,0 °C	300,0 K	
P_p = 760 mm Hg	T_p = 298 K (25 °C)		
Realizada por:	Lúcia Baso	Supervisionada por:	José Said

DADOS DO CPV (CALIBRADOR PADRÃO DE VAZÃO) (VER CERT. CALIBR.)

Número do CPV:	CPV-0151	Última Calibração:	04/08/11

Relação (Reta) de Calibração:

Inclin. a_1: 2,9510 | Interc. b_1: 0,0020 | Corr. r_1: 0,9990

Para cálculo de Q_p na Coluna (4) abaixo, usar a expressão:

$$Q_p = \frac{1}{a_1}\left[\sqrt{dHc\left(\frac{P_2}{P_p}\right)\left(\frac{T_p}{T_2}\right)} - b_1\right]$$

MEDIDAS DA CALIBRAÇÃO

1	2	3	4	5	6	7	8
Placa	dH_c (cm H_2O)			*	Q_p	D	**
	p/ cima	p/ baixo	total		m^3/min	Deflexão	
18	12,7	13,2	25,9	5,0755	1,7193	9,40	3,0577
13	10,8	11,2	22,0	4,6778	1,5845	7,90	2,8032
10	8,9	9,4	18,3	4,2664	1,4451	6,40	2,5230
7	6,0	6,6	12,6	3,5401	1,1990	4,60	2,1390
5	3,7	4,2	7,9	2,8032	0,9492	2,80	1,6688

$$(*) = \sqrt{dH_c\left(\frac{P_2}{P_p}\right)\left(\frac{T_p}{T_2}\right)} \qquad (**) = \sqrt{D\left(\frac{P_2}{P_p}\right)\left(\frac{T_p}{T_2}\right)}$$

RELAÇÃO DE CALIBRAÇÃO DO AGV PTS/REGRESSÃO LINEAR - MÍNIMOS QUADRADOS

$$Y = a_2X + b_2 \qquad \sqrt{D\left(\frac{P_2}{P_p}\right)\left(\frac{T_p}{T_2}\right)} = a_2Q_p + b_2$$

Inclinação da reta (a_2) = 1,7811 | Intercepto da reta (b_2) = -0,0185

Coeficiente de correlação (r_2) = 0,9993

PARA USO POSTERIOR NAS AMOSTRAGENS

$$X = \frac{1}{a_2}(Y - b_2) \qquad Q_p = \frac{1}{a_2}\left[\sqrt{D\left(\frac{P_3}{P_p}\right)\left(\frac{T_p}{T_3}\right)} - b_2\right]$$

Responsável: ____________ Data: ____________

Figura 4.5 Planilha de Calibração do AGV PTS (1)

a_1 = inclinação da relação de calibração do CPV, obtida do certificado de calibração do CPV
b_1 = intercepto da relação de calibração do CPV, obtida do certificado de calibração do CPV

2. A reta de calibração do AGV PTS toma a forma

$$\sqrt{D\left(\frac{P_2}{P_p}\right)\left(\frac{T_p}{T_2}\right)} = a_2 Q_p + b_2 \qquad \text{(Eq. 4.6)}$$

onde

Q_p = vazão volumétrica em condições padrão indicada pelo CPV, m^3-padrão/min.
D = deflexão da pena na carta gráfica, de 0 a 10, com divisão mínima de 0,2 (Nota: D é adimensional)
P_2 = pressão barométrica durante a calibração do AGV PTS, mm Hg
T_2 = temperatura ambiente durante a calibração do AGV PTS, K (K = °C + 273)
P_p = 760 mm Hg (valor de referência do CONAMA para pressão barométrica)
T_p = 25 °C (298 K) (valor de referência do CONAMA para temperatura)
a_2 = inclinação da relação de calibração do AGV PTS, a ser obtida por regressão linear
b_2 = intercepto da relação de calibração do AGV PTS, a ser obtida por regressão linear

3. Na Eq. 4.6, os valores de X e Y são dados por:

$X = Q_p$ (valores na coluna 6 da planilha)

$$Y = \sqrt{D\left(\frac{P_2}{P_p}\right)\left(\frac{T_p}{T_2}\right)} \quad \text{(valores na coluna 8 da planilha)}$$

Notar que a planilha contém 5 pares de valores (X,Y), valores estes com os quais, utilizando-se a técnica dos mínimos quadrados (regressão linear), obtém-se a_2 e b_2. No exemplo, a_2 = 1,4254 e b_2 = 0,0183.

Nota: As expressões para a determinação da inclinação (a_2) e do intercepto (b_2) estão detalhadamente apresentadas no Apêndice G.

Nota: Caso não possua meios eletrônicos, e, portanto, tenha que utilizar papel gráfico para plotagem dos pontos, o usuário pode traçar a curva (reta) de calibração do amostrador plotando os valores de $\sqrt{D(P_2/P_p)(T_p/T_2)}$ na coluna (8) versus os valores de Q_p na coluna (6).

Deve-se ter em mente, no caso de se usar papel milimetrado, que a NBR 9547 (Ref. 2) exige que "os valores locados nas curvas de calibração sejam lidos com aproximação de 0,02 m^3/min. nas condições padrão".

4. De acordo com a EPA (Ref. 3), para que uma relação de calibração (Eq. 4.6) seja válida, cada um de seus pontos (são geralmente 5 pontos) deve estar dentro dos limites de linearidade de ± 2 %. Isto pode ser feito determinando-se um Y_{cal} para cada valor de Q_p anotado na Coluna (4) do formulário de calibração. Y_{cal} é determinado usando-se, na relação da Eq. 4.7 abaixo, a inclinação (a_2) e o intercepto (b_2) da curva (reta) de calibração (Eq. 4.6).

$$Y_{cal} = a_2 Q_p + b_2 \qquad \text{(Eq. 4.7)}$$

A diferença percentual para cada valor é determinada pela Eq. 4.8 abaixo, comparando-se cada Y_{cal} com o Y ($\sqrt{D\left(P_2/P_p\right)\left(T_p/T_2\right)}$) correspondente anotado na Coluna (8).

$$\%diferença = \left(\frac{Y - Y_{cal}}{Y_{cal}}\right)100 \qquad \text{(Eq. 4.8)}$$

Qualquer ponto de calibração que apresente uma diferença maior que ± 2 % deve ser repetido, gerando-se uma nova e correta relação de calibração.

Nota: Uma maneira alternativa à metodologia acima para a verificação dos limites de linearidade consiste em determinar o fator de correlação *r* (ver cálculos no Apêndice G) e considerar correta a relação de calibração apenas quando $r > 0{,}99$. O valor de *r* é também apresentado nas planilhas de calibração (Fig. 4.5 e Fig. 4.6).

5. A vazão, Q_p, nas amostragens (fase 3), é dada pela Equação 4.9.

$$Q_p = \frac{1}{a_2}\left[\sqrt{D\left(\frac{P_3}{P_p}\right)\left(\frac{T_p}{T_3}\right)} - b_2\right] \qquad \text{(Eq. 4.9)}$$

onde:

Q_p = vazão volumétrica em condições padrão indicada pelo CPV, m^3-padrão/min.
D = deflexão da pena na carta gráfica
P_3 = pressão barométrica durante a amostragem, mm Hg
T_3 = temperatura ambiente durante a amostragem, K (K = °C + 273)
P_p = 760 mm Hg (valor de referência do CONAMA para pressão barométrica)
T_p = 25 °C (298 K) (valor de referência do CONAMA para temperatura)
a_2 = inclinação da relação de calibração do AGV PTS
b_2 = intercepto da relação de calibração do AGV PTS

B) Uso dos Valores Médios Sazonais, Semestrais ou Anuais da Temperatura Ambiente (T_S) e da Pressão Barométrica (P_S) Durante as Amostragens

Repetindo, quando for possível determinar, para um local de amostragem, a pressão barométrica média sazonal (ou semestral ou anual), P_s, e a temperatura média sazonal (ou semestral ou anual), T_s, e, além disso, quando, nesse local, a pressão barométrica e a temperatura ambiente não variarem mais que ± 60 mm Hg e ± 15°C, respectivamente, poder-se-à então incorporar P_s e T_s na calibração do AGV PTS, evitando-se assim a necessidade de cálculos subseqüentes de pressão e temperatura nas amostragens.

O procedimento de calibração para esta Alternativa (B) é semelhante ao da Alternativa (A), exceto que:

1) A planilha de cálculo tem a forma apresentada na Figura 4.6.

2) São retirados do formulário de registro de dados (Fig. 4.3) os valores das médias sazonais (ou semestrais ou anuais) para a pressão (P_s) e para a temperatura (T_s).

3) Na planilha de cálculo, a expressão da Coluna (8) tem a forma:

$$\sqrt{D\left(\frac{P_2}{P_s}\right)\left(\frac{T_s}{T_2}\right)}$$

PLANILHA DE CALIBRAÇÃO DO AGV PTS (2)

(PARA USO POSTERIOR COM VALORES MÉDIOS SAZONAIS
DA TEMPERATURA (T_s) E DA PRESSÃO (P_s) DURANTE A AMOSTRAGEM)

DADOS GERAIS DA CALIBRAÇÃO

AGV PTS Nº		HVP-1125		Registrador Nº		RP4-1326	
Local:	Rio	Data:	01/04/12		Hora:	12:00	
P_2=	761,0	mm Hg		T_2=	27,0	°C	300,0	K
P_s=	759,0	mm Hg		T_s=	26,0	°C	299,0	K
P_p = 760 mm Hg		T_p = 298 K (25 °C)					
Realizada por:		Lúcia Baso		Supervisionada por:		José Said	

DADOS DO CPV (CALIBRADOR PADRÃO DE VAZÃO) (VER CERT. CALIBR.)

Número do CPV:		CPV-0151		Última Calibração:		23/01/09	
Relação (Reta) de Calibração:							
		Inclin. a_1:	2,9510	Interc. b_1:	0,0020	Corr. r_1:	0,9990

Para cálculo de Q_p na Coluna (4) abaixo, usar a expressão:

$$Q_p = \frac{1}{a_1}\left[\sqrt{dHc\left(\frac{P_2}{P_p}\right)\left(\frac{T_p}{T_2}\right)} - b_1\right]$$

MEDIDAS DA CALIBRAÇÃO

1	2	3	4	5	6	7	8
Placa	dH_c (cm H_2O)			*	Q_p	Deflexão	**
	p/cima	p/ baixo	total		m^3/min	D	
18	13	13,2	25,9	5,0755	1,719	9,4	3,0649
13	11	11,2	22,0	4,6778	1,584	7,9	2,8097
10	9	9,4	18,3	4,2664	1,445	6,4	2,5289
7	6	6,6	12,6	3,5401	1,199	4,6	2,1440
5	4	4,2	7,9	2,8032	0,949	2,8	1,6727

$$(*) = \sqrt{dH_c\left(\frac{P_2}{P_p}\right)\left(\frac{T_p}{T_2}\right)} \qquad (**) = \sqrt{D\left(\frac{P_2}{P_s}\right)\left(\frac{T_s}{T_2}\right)}$$

RELAÇÃO DE CALIBRAÇÃO DO AGV PTS/REGRESSÃO LINEAR - MÍNIMOS QUADRADOS

$$Y = a_2 X + b_2 \qquad \sqrt{D\left(\frac{P_2}{P_s}\right)\left(\frac{T_s}{T_2}\right)} = a_2 Q_p + b_2$$

Inclinação da reta (a_2) =	1,7853	Intercepto da reta (b_2) =	-0,0186
Coeficiente de correlação (r_2) =	0,9993		

PARA USO POSTERIOR NAS AMOSTRAGENS

$$X = \frac{1}{a_2}(Y - b_2) \qquad Q_p = \frac{1}{a_2}\left(\sqrt{D} - b_2\right)$$

Responsável: Data:

Figura 4.6 Planilha de Calibração do AGV PTS (2)

4) A relação de calibração resultante é da forma:

$$\sqrt{D\left(\frac{P_2}{P_s}\right)\left(\frac{T_s}{T_2}\right)} = a_2 Q_p + b_2 \qquad \text{(Eq. 4.10)}$$

Resulta, para a determinação posterior das vazões nas amostragens, um expressão simplificada:

$$Q_p = \frac{1}{a_2}\left(\sqrt{D} - b_2\right) \qquad \text{(Eq. 4.11)}$$

4.3.3 Frequência das Calibrações

Atendendo à NBR 9547 (Ref. 2), o AGV PTS deve ser calibrado com a seguinte frequência:

1. após deslocamento do amostrador de um local para outro;

2. após parada para manutenção, inclusive trocas de escovas e do motor;

3. conforme exigência dos órgãos oficiais.

4.4 Calibrações de Instrumentos Associados

Além das calibrações do CPV e do registrador de vazão, já apresentadas, o usuário deve, a fim de obter medições formalmente representativas e passíveis de resistir a auditorias oficiais, cuidar também para que os seguintes instrumentos do amostrador e do laboratório sejam devidamente calibrados:

- Horâmetro
- Programador de tempo - timer
- Balança analítica
- Higrômetro
- Termômetro
- Barômetro

4.4.1 Horâmetro

Segundo a EPA (Ref. 7), o horâmetro deve, a cada seis meses, ser checado contra um cronômetro padrão de comprovada exatidão, seja no local de amostragem ou no laboratório. Um ganho ou perda de mais de 2 minutos num período de 24 horas implica reparo ou reposição do horâmetro.

Ver detalhes técnicos do horâmetro no Apêndice C.

4.4.2 Programador de Tempo (Timer)

Conforme a NBR 9547 (Ref. 2), o timer só é aceitável para uso quando ligar e desligar dentro de 24 h $\pm$ 30 min.

Segundo a EPA (Ref. 7), o timer deve ser checado no seu recebimento após a compra e subsequentemente a cada trimestre, usando-se, para isso, um horâmetro previamente calibrado como referência (pode ser o do próprio amostrador). Um exemplo de procedimento de calibração do timer é apresentado no Apêndice E.

4.4.3 Balança Analítica, Higrômetro, Termômetro e Barômetro

A balança analítica, o higrômetro, termômetro e barômetro, utilizados em quaisquer etapas do monitoramento de PTS devem ser calibrados, pelo menos uma vez por ano, contra um padrão de reconhecimento oficial. Há, no Brasil, várias empresas pertencentes à Rede Brasileira de Calibração (acreditadas pelo Inmetro), aptas a realizarem as calibrações necessárias.

5.0 SELEÇÃO E PREPARAÇÃO DE FILTROS

5.1 Características do Filtro

O tipo de filtro mais utilizado, há mais de 40 anos, na amostragem de partículas totais em suspensão é de fibra de vidro e conhecido como tipo "padrão". A ENERGÉTICA oferece este tipo de filtro, identificado pela Ref. GF-1, com as seguintes características:

- Eficiência de mais de 99,9 % (teste do FDO - Ftalato de Dioctil para partículas de 0,3 μm)
- Baixa reação a material corrosivo
- Baixa higroscopia.
- Resistente a temperaturas de até 540 °C
- Resistente a tensões, não se rompendo facilmente com o manuseio.

Dados técnicos do filtro E55 (outrora fornecido pela ENERGÉTICA) e do filtro GF-1 (ora comercializado pela ENERGÉTICA) podem ser vistos nas Tabela 5.1 e 5.2, respectivamente.

Além dos filtros tipo "padrão", que se prestam quase que exclusivamente para a determinação por processo gravimétrico das concentrações de partículas totais em suspensão, há filtros mais apurados, com baixo teor de contaminantes orgânicos e inorgânicos, para medidas de traços metálicos e não-metálicos, onde se requer análises químicas das amostras. Este tipo de filtro é conhecido como tipo "qualidade espectral". A ENERGÉTICA oferece tipos de filtro com "qualidade espectral', seja de fibra de vidro, seja de quartzo.

Na Tabela 5.2, como ilustração, o usuário poderá ver dados comparativos entre filtros de fibra de vidro e de quartzo de vários fabricantes.

Além de ser um filtro de qualidade espectral, o filtro de quartzo se destaca entre os vários tipos de filtro por apresentar alcalinidade na faixa de pH de 6,5 a 7,5. Por ser basicamente neutro, o filtro de quartzo evita a absorção, durante a amostragem, de dióxido de enxofre na forma de partículas de sulfato. Experiências realizadas no EUA com filtros de fibra de vidro, em condições normais de amostragem, indicaram a possibilidade de erros da ordem de 0,3 a 3,0 $\mu g/m^3$ devido à deposição de sulfatos. Os filtros de fibra de vidro disponíveis comercialmente, inclusive o GF-1, apresentam pH superior a 7,5. Entretanto, assim mesmo, são utilizados para a determinação de PTS, visto que a NBR 9547 (Ref. 2) aceita filtros com pH na faixa de 6 a 10.

Todos os tipos de filtro oferecidos pela ENERGÉTICA satisfazem a exigência de normas de que só sejam empregados nas coletas de PTS filtros com eficiência de coleta > 99 % para partículas de 0,3 μm, conforme determinado pelo teste do DOP da ASTM-D2986.

Cabe salientar também que outros tipos de filtro, como, por exemplo, o de celulose, poderão ser utilizados no AGV PTS. De trato difícil, devido a sua alta higroscopia, o filtro de celulose torna-se, entretanto, imprescindível em certos tipos de amostragem, como é o caso das de ar com predominância de sílica, onde não se pode empregar filtros de fibra de vidro e de quartzo.

5.2 Manuseio dos Filtros

Os filtros podem ser quebradiços e sujeitos a rasgos e quebras. O pessoal de campo e do laboratório deve, portanto, estar ciente destas características e manuseá-los com cuidado.

Uma quantidade de filtros, suficiente para um período ≥ 3 meses para cada amostrador, deve ser numerada e pesada em um lote, um filtro de cada vez. Empilhe os filtros dentro de sua caixa de embalagem (ou uma caixa de igual tamanho), separando um do outro por uma folha de papel colorido de aproximadamente 21,5 x 28,0 cm de tamanho. Certifique-se de que os filtros fiquem empilhados em ordem numérica, de modo que o operador os use na sequência certa.

TABELA 5.1

FILTRO DE FIBRA DE VIDRO
MODELO E558X10IN

CARACTERÍSTICAS GERAIS

De fibra de vidro, com eficiência superior a 99,9 % na retenção de aerossóis de DOP (ftalato de dioctil), com diâmetro acima de 0,3 μm (teste ASTM-2986), baixíssima higroscopia, presença desprezível de material aglutinante e resistência a temperaturas de até 540 °C.

Tipo padrão, retangular, com 203 x 254 mm, utilizado principalmente em amostragem de grande volume (AGV) de partículas totais em suspensão (PTS) e de partículas de até 10 μm (MP_{10}) no ar ambiente. É similar aos filtros GF/A, da Whatman, n° 31, da Schleichel & Schuell, APFA, da Milipore, e n° 111, da Ahlstrom.

CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS

Peso (g/m^2)	**55**
Espessura (mm)	**0,21**
Retenção de partículas: • **Líquidas** • **Tempo de escoamento d'água (s) (*)** • **Eficiência DOP** • **Perda de carga (mmH_2O/5cm/s)**	 **1,6** **23** **99,9** **34**

Tempo filtragem 1 litro d'água deionizada a 20 °C através de 9,6 cm^2 em vácuo 300 mm Hg.

TRAÇOS METÁLICOS (ppm)

Ferro (Fe)	200
Níquel (Ni)	6,5
Manganês (Mn)	10
Cromo (Cr)	16
Chumbo (Pb)	31
Zinco (Zn)	20.000
Cádmio (Cd)	1
Cobre (Cu)	4,5

Nota 1: Os traços metálicos acima foram fornecidos pelo fabricante como exemplos de concentrações típicas. A ENERGÉTICA não se responsabiliza pelos mesmos.
Nota 2: A ENERGÉTICA não está mais fornecendo filtros E558X10IN. A apresentação desta tabela tem o intuito de apenas apresentar características do filtro de fibra de vidro. Hoje, trabalhamos com o filtro GF-1, da MN, cujos dados são apresentados na Tabela 5.2.

TABELA 5.2
DADOS COMPARATIVOS ENTRE VÁRIOS TIPOS DE FILTRO
(Dados em μg/Folha de 203 x 254 mm)

	Fibra de vidro						Quartzo
	Padrão			Qualidade espectral			
"Impurezas"	**MFS GA55**	**MN GF-1**	**Whatman GF/A**	**MFS GB100R**	**Whatman EPM 2000**	**Pall A/E**	**Whatman QMA**
Alumínio (Al)	N/D	N/D	4.300	N/D	170	N/D	4
Antimônio (V)	N/D	2,8	5.500	N/D	N/D	20	<1
Arsênio (As)	N/D	8,5	<6	N/D	<6	20	<6
Bário (Ba)	N/D	N/D	8.500	N/D	50	N/D	N/D
Berílio (Be)	N/D	N/D	0,2	N/D	<1	1	1
Bismuto (Bi)	N/D	N/D	0,3	N/D	<4	10	10
Boro (B)	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	42
Cádmio (Cd)	3	0,09	1	0,5	<1	2	0,2
Cálcio (Ca)	N/D	N/D	2.500	N/D	540	N/D	85
Chumbo (Pb)	88	N/D	10	4,9	2,5	10	2,3
Cloro (Cl)	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
Cromo (Cr)	45	N/D	0,2	<5	10	10	1,6
Cobalto (Co)	N/D	N/D	11	N/D	<1	10	1,1
Cobre (Cu)	13	8,5	56	13	1	2	3,4
Estanho (Sn)	N/D	N/D	5.500	N/D	15	10	10
Ferro (Fe)	792	400	100	225	15	100-1800	23
Fluor (Fl)	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	
Magnésio (Mg)	N/D	N/D	1.090	N/D	238	N/D	N/D
Manganês (Mn)	28	57	8	2,5	<1	2	0,5
Mercúrio (Hg)	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	80	N/D
Molibdênio (Mo)	N/D	N/D	2	N/D	<2	10	<2
Níquel (Ni)	18	11	6	<5	--	10	3,4
Selênio (S)	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	200	N/D
Titânio (Ti)	N/D	N/D	0,1	N/D	<1	10	<1
Vanádio (Vd)	N/D	2,8	0,1	N/D	N/D	10	N/D
Zinco (Zn)	56.600	1,4	N/D	47	N/D	90	N/D
Peso filha (g)	2,83	2,83	2,68	4,9	4,386	4	4,386

Informações Complementares	
Eficiência	Todos os filtros acima têm eficiência superior a 99,9% para partículas de 0,3 μm, conforme teste ASTM-D-2896 com Ftalato de Dioctila
Peso folha	O peso de uma folha de filtro, para qualquer modelo, situa-se geralmente entre 3 e 4 g.
Temp. max.	Os filtros de fibra de vidro suportam temperaturas de até 500 °C; os de quartzo, de até 950 °C
Fontes dos dados	1) Os dados para os filtros da Whatman foram retirados do site www.whatman.com e do Compendium of Methods for Inorganic Air Pollutants – Method IO-3.1, de junho de 1999 2) Os dados para o filtro GF-1 foram fornecidos pela Macherey-Nagel (MN). 3) Os dados do filtro Pall (ex-Gelman) foram tirados de um antigo manual da Wedding and Associates 4) Os dados para os filtros GA55 e GB100R foram fornecidos pela MFS
Recomendações	
Os dados acima são apenas valores ilustrativos para cada filtro. Portanto, recomenda-se não utilizá-los como valor do "branco" em suas análises.	

Um lado da caixa pode ser cortada, de tal forma que o operador possa retirar os filtros sem danificar seus cantos.

Cada filtro deve receber um número de série; por exemplo, 10001, 10002, 10003 e assim por diante. O número deve ser carimbado em dois cantos diagonalmente opostos do filtro, bem próximo da borda. Utilize o lado menos áspero do filtro para numerar. Tenha o máximo cuidado para não danificar o filtro. Caso não tenha um carimbo, utilize uma caneta esferográfica com ponta a mais grossa possível. Escreva com cuidado e de forma a deixar o número bem claro. Evite duplicação ou omissão de números.

Os filtros, tanto antes quanto após a amostragem (já com coleta), devem ser transportados em invólucros protetores, como, por exemplo, cassetes de acrílico e envelopes reforçados. Os envelopes, além da impressão para endereçamento num lado, poderão ter colado no verso o próprio formulário de campo para registro das amostragens (ver Figura 5.1).

5.3 Inspeção Visual dos Filtros

Todos os filtros devem ser inspecionados visualmente, antes de sua pesagem inicial, sendo rejeitados aqueles encontrados com defeitos. A inspeção deve, de preferência, ser feita contra uma fonte de luz plana (igual à usada em checagens de raios-X). Deve-se procurar principalmente pelos seguintes defeitos:

1. Furinhos--Um furo pequeno, aparecendo como um ponto de luz distinto e obviamente brilhante, quando examinado sobre uma mesa ou tela luminosa, ou como um ponto escuro, quando observado sobre uma superfície negra.

2. Material solto--Qualquer outro material solto ou partículas de poeira no filtro, que deva ser removido antes da pesagem do filtro. Utilize uma escova bem macia para a remoção.

3. Descoloração--Qualquer descoloração obviamente visível, que possa ser evidência de contaminação.

4. Não uniformidade do filtro--Qualquer não uniformidade obviamente visível na aparência do filtro, quando observada sobre uma mesa luminosa ou superfície negra, que possa indicar gradações da porosidade através da face do filtro.

5. Outros--Um filtro com qualquer imperfeição não descrita acima, tal como superfícies irregulares ou outros resultados de pobre fabricação.

5.4 Equilibração dos Filtros

Os filtros devem ser equilibrados num ambiente condicionado, por pelo menos 24 horas, antes de serem pesados. Neste ambiente, a umidade relativa (UR) deve ser mantida constante em torno de um valor médio abaixo de 50 %, com uma variação de não mais que ± 5 % durante todo o tempo de condicionamento. O ideal seria que a umidade permanecesse em torno de 40 %. Já a temperatura, deve ser mantida constante em torno de um valor médio entre 15 e 30 °C, com uma variação de não mais que ± 3 °C. A UR e a temperatura devem ser checadas e registradas nos dias de equilibração (manualmente ou com um termohigrógrafo), assegurando-se assim a conformação com as diretrizes acima.

No Apêndice H, repete-se a descrição da ABNT (Ref. 3 da Seção 10) para uma câmara de condicionamento e pesagem. Na câmara descrita, atente-se para a existência, dentro da câmara, de uma balança analítica, de um higrômetro, de um termômetro e de um recipiente com sílica-gel.

Caso não possua uma câmara de equilibração (condicionamento e pesagem), o usuário pode usar uma sala com ar-condicionado para equilibração, contanto que possa ser mantida,

Formulário de Registro – Amostragem AGV PTS

DADOS DA AMOSTRAGEM					
N° da Amostragem:		Período:		a	
N° do Amostrador:		Hora:		a	
Local:		Duração:		Horas (nominal)	
N° do Filtro:		Tipo:			

DADOS DA CALIBRAÇÃO DO AGV PTS					
Calibrado c/ CPV n°:		Data ultima calibração do AGV PTS:			
Inclinação (a_2):		Intercepto (b_2):		Correlação (r_2):	

ANOTAÇÕES DE CAMPO					
Temperatura ambiente média (T_3):		°C		T_p = 298 K	
ou Temperatura média sazonal (T_s)		°C		P_p = 760 mm Hg	
Pressão barométrica média (P_3):		mm Hg			
ou Pressão média sazonal (P_s)		mm Hg			
Leitura inicial horâmetro:		horas	Leitura final horâmetro:		horas

DADOS DA DEFLEXÃO D				CONDIÇÕES DURANTE A AMOSTRAGEM	
Número Intervalo	Deflexão	Número Intervalo	Deflexão	Responda **sim** ou **não**	
1		13		Amostador devidamente calibrado?	
2		14		Timer e horâmetro funcionando bem?	
3		15		Juntas do filtro e do motor boas e apertadas?	
4		16		Motor e escovas em boas condições?	
5		17		Pena do registrador traçando bem na carta?	
6		18		A vazão se manteve entre 1,1 e 1,7 m^3/min.?	
7		19			
8		20		Enumere anormalidades durante a amostragem:	
9		21			
10		22			
11		23			
12		24			

DADOS DAS PESAGENS		
Peso inicial do filtro:		g
Peso final do filtro:		g

Ass. Operador

Ass. Supervisor

Figura 5.1 Exemplo de Formulário de Registro de Dados da Amostragem

durante a equilibração, nas faixas exigidas para a UR e a temperatura. Da mesma forma, deve-se manter um termômetro e um higrômetro na sala. Os sistemas de equilibração mais comumente utilizados, obviamente pela facilidade de obtê-los no mercado, são os dessecadores.

5.5 Pesagem Inicial (Tara)

Deve-se numerar e pesar, ao mesmo tempo, um lote de filtros que seja suficiente para pelo menos três meses de amostragem.

Os filtros devem ser pesados numa balança analítica com resolução de pelo menos 0,1 mg. Cada balança usada nos procedimentos de pesagem deve ser identificada por um número. Cada balança deve receber um bloco de números de identificação de filtros, para uso seqüencial. São os seguintes os procedimentos:

1. Certifique-se de que a balança foi calibrada (pelo menos anualmente). Caso a calibração da balança esteja com prazo vencido, providencie sua recalibração.

2. Caso os filtros sejam pesados fora da câmara de condicionamento, ou em dessecadores, tome cuidado para evitar interferência com as partículas higroscópicas do ambiente, e inicie o procedimento de pesagem dentro de 30 segundos. Pese o filtro assegurando-se que esteja obtendo uma leitura estável. Em intervalos de rotina, verifique o zero e a calibração da balança, conforme instrução na próxima subseção.

   Tome cuidado ao carregar e descarregar a balança com o filtro. Os cantos e bordas do filtro não devem bater na porta da balança.

3. Coloque o filtro tarado, com seu número de identificação para cima, em seu recipiente original ou numa caixa de tamanho comparável. Coloque uma folha de papel colorido, indicador, com 21,5 x 28,0 cm, entre cada filtro.

4. Anote o número da balança, o número de identificação do filtro e a tara (peso inicial do filtro) numa folha de controle das pesagens tal como a mostrada na Figura 5.2. Quando encadernadas, estas folhas podem servir como livro de anotações (*logbook*) das pesagens no laboratório. O peso de cada folha de filtro é geralmente em torno de 3 g. Numere sequencialmente cada folha no seu canto superior direito. O número de identificação e a tara (peso inicial) do filtro são também anotados na folha de campo (Figura 5.1).

Número ident.	Balança:	543201			
Operador da Balança:	José Silva		Supervisor de CQ:	João Soares	
Data	**N° Filtro**	**Tara da Balança**	**Tara (g)**	**Peso Bruto (g)**	**Análise Adicional**
11/10/88	*10001*	*0,0000*	*3,1921*	-	-
	10002	*0,0000*	*3,0925*	-	-
	10003	*0,0001*	*3,1426*	-	-
17/10/88	*10001*	*0,0000*	-	*3,3529*	-
	10002	*0,0000*	-	*3,2537*	-
	10003	*0,0000*	-	*3,3017*	-

Figura 5.2 Exemplo de Folha de Controle das Pesagens

6.0 OPERAÇÕES NO CAMPO

Esta seção apresenta informações pertinentes à operação básica e rotineira de um AGV PTS. Também estão incluídas algumas referências da U.S. EPA sobre localização de amostradores, procedimentos de laboratório e atividades de CQ/GQ.

6.1 Exigências de Localização (da U.S. EPA)

A ENERGÉTICA recomenda que sejam usados, para a localização do AGV PTS, os mesmos critérios usados pela U.S. EPA para a localização de Amostradores de Grande Volume (AGV) para Partículas de Até 10 µm (MP_{10}). Este critérios, completos, são encontrados no 40 CFR 58 (Ver Refs. 9 e 10, Seção 10.0). Algumas exigências mínimas são apresentadas abaixo:

1. O amostrador deve ficar afastado em no mínimo 20 m de árvores, edifícios ou outros grandes obstáculos. Uma regra geral é que o amostrador fique afastado de um obstáculo em no mínimo duas vezes a altura do obstáculo com relação à entrada do amostrador.

2. A entrada do amostrador deve ficar de 2 a 15 m do solo.

3. O fluxo de ar em redor do amostrador deve ficar livre de qualquer obstrução.

4. A entrada do amostrador dever ficar a no mínimo 2 m da entrada de qualquer outro amostrador de grande volume (AGV). Para amostradores co-locados (por exemplo, para amostragens paralelas, com o objetivo de avaliações comparativas), as entradas devem ficar a no máximo 4 m umas das outras.

5. Não coloque o amostrador diretamente no solo.

6. Não coloque o amostrador perto de chaminés ou exaustores.

7. Caso as amostras tenham que ser analisadas quimicamente, avalie o potencial de contaminação no local.

Nota: Para a localização do amostrador em áreas com escala de representatividade “micro” e “média” (veja a definição de “escala de representatividade” no 40 CFR 58, mencionado acima), consulte o órgão de controle ambiental de seu estado ou um especialista.

6.2 Operações de Amostragem

Fácil de usar, o AGV PTS é um instrumento capaz de fornecer dados exatos e reprodutíveis, bastando, para isso, que seja adequadamente calibrado e operado. Se os procedimentos de calibração apresentados neste manual forem devidamente seguidos, a operação de rotina do amostrador torna-se altamente simplificada.

Do mesmo modo que os procedimentos de calibração apresentados na Seção 4.0, todos os procedimentos operacionais apresentados neste manual estão em conformidade e de acordo com as formalidades da NBR 9547 (Ref. 2). Caso o usuário tenha quaisquer dúvidas com respeito aos procedimentos, favor contactar a ENERGÉTICA.

6.2.1 Considerações de Temperatura e Pressão

Conforme mencionado na Subseção 4.1.3, teríamos, rigorosamente, para o cálculo da vazão média (Q_p) durante a amostragem com o AGV PTS, que conhecer a temperatura ambiente média (T_3) e a pressão barométrica média (P_3) durante o período de amostragem. A maneira prática e mais confiável de se obter estes valores é por meio de uma estação meteorológica.

Também foi mencionado na Subseção 4.1.3 que caso o cliente não possua uma estação meteorológica próxima, própria ou de outrem, as médias T_3 e P_3 podem ser substituídas respectivamente pelas médias sazonais (ou semestrais ou anuais) T_s e P_s. Deve-se, contudo, tomar o cuidado para que estas médias sazonais estejam disponíveis e que as condições reais no local possam ser razoavelmente representadas por tais médias. Lembre-se que a NBR 9547 (ref. 2) recomenda que os valores sazonais representem valores reais com aproximação de 15 °C para a temperatura e 60 mm Hg para a pressão barométrica.

Recomendamos ao usuário ler atentamente a Subseção 4.1.3.

6.2.2 Antes de Ir para o Campo

1. Junte o seguinte material:

   - o filtro, previamente identificado e pesado, dentro de invólucro protetor (cassete ou envelope reforçado);
   - o formulário de campo (Figura 5.1);
   - carta gráfica e pena para o registrador;
   - caneta, papel extra para anotações e uma prancheta;
   - miscelânea (chave de fenda, multímetro, chaves, pinça, pincel, luvas, material de limpeza etc.).

2. Inspecione o filtro e veja se está identificado (na borda, do lado menos rugoso) e se não há furos, rasgos ou outras irregularidades. Caso encontre irregularidades, rejeite o filtro e selecione outro. Anote o número de identificação do filtro selecionado atrás da carta gráfica e no formulário de campo.

3. Manuseie o filtro com todo o cuidado. É recomendável usar luvas e uma pinça para alojá-lo no invólucro protetor (cassete ou envelope reforçado).

4. Atrás da carta gráfica, anote o número de série do amostrador, o local e a data de amostragem.

6.2.3 No Campo, Antes da Amostragem

1. Transporte o material de amostragem (filtro, cartas, formulários etc.) para o local do amostrador.

2. Retire o cadeado, levante o teto e abra a porta da casinhola. Mantenha o teto levantado com a escora de alumínio que se encontra ao lado do porta-filtro.

3. Solte os quatro manípulos de aperto do porta-filtro e retire a moldura de aperto do filtro. Inspecione a tela do porta-filtro e remova quaisquer depósitos ou material estranho, caso existam. Utilize um pano umedecido, tendo o cuidado de não deixar úmida a superfície.

4. Inspecione a junta de vedação da moldura de aperto do filtro, e veja se não há danos ou compressão. Substitua-a, se necessário, antes de iniciar a amostragem. Limpe-a.

5. Verifique o topo do porta-filtro e veja se não risco de o filtro ficar colado após aperto. Caso haja risco, recomenda-se passar um pano no porta-filtro.

6. Coloque, com cuidado e bem centralizado, o filtro novo (identificado e já pesado), com o lado rugoso para cima, diretamente sobre a tela de arame. Certifique-se de que o filtro ficará, após instalado, com no mínimo 1 cm de borda, em cada um de seus quatro lados, apoiado na moldura do porta-filtro.

7. Aperte os quatro manípulos de aperto, o suficiente para evitar entrada falsa entre o filtro e a moldura de aperto. O aperto dos manípulos deve ser de dois-a-dois, diagonal e simultaneamente, a fim de obter compressão uniforme da junta. Evite apertar os manípulos excessivamente, pois poderá causar a colagem do filtro no porta-filtro ou danificar permanentemente a junta.

8. Baixe o teto da casinhola e abra a porta da casinhola.

9. Certifique-se de que o motoaspirador e o registrador estejam com seus cabos devidamente conectados nas respectivas tomadas de força e de que o aparelho esteja conectado a uma fonte externa de alimentação (110 V ou 220 V). Certifique-se também de que a mangueira do registrador esteja conectada ao espigão do porta-motor.

10. Prepare o registrador de vazão. Se necessário, veja detalhes do registrador no Apêndice D. Com um pano limpo, remova qualquer excesso de tinta ou umidade no interior do instrumento. Levante a haste da pena do registrador e instale uma carta gráfica para teste (pode ser usada). Baixe a haste da pena. Ligue e desligue o motoaspirador por alguns minutos. Aí aproveite para certificar-se de que a pena está realmente deixando um traçado adequado na carta. Troque-a caso não deixar traço.

    Atenção: Após os minutos de teste, dê tapinhas no registrador e cheque se a pena volta para a posição zero. Não se preocupe caso ela, após as tapinhas, ficar distante, para um lado ou para o outro, em até 2 mm da circunferência do zero. Não mexa no zeramento da pena. Lembre-se que após o “zeramento” na calibração (ver Observação 7 da Subseção 4.3.1) não se pode em hipótese nenhuma mexer no “zeramento”, sob pena de a calibração prévia do amostrador ficar invalidada, tendo-se então que fazer nova calibração.

11. Ainda com o amostrador funcionado, verifique se o horâmetro está funcionando. Se necessário, ver detalhes do horâmetro no Apêndice C. Aproveite também para ver se o Vari-Vol está com a tensão de saída desejada (95 V para tensão de linha de 110 V e 190 V para tensão de linha de 220 V). Caso não esteja, ajuste a tensão orientando-se pelo voltímetro do painel.

    Nota: O amostrador, antes de sair da ENERGÉTICA (situada no Rio de Janeiro, portanto ao nível do mar) é ajustado de tal modo que a pena fique entre o “6” e o “7” da carta gráfica quando o Vari-Vol é ajustado para 95 V (para tensão de linha de 110 V) e para 190 V (para tensão de linha de 220 V). Quando o amostrador é instalado em altitudes bem acima do nível do mar, a posição de equilíbrio da pena na carta gráfica tende a reduzir-se, às vezes ficando abaixo do “6”.

12. Desligue o amostrador, caso já não o esteja.

13. Retire a carta de teste e instale a carta “para valer” (com anotações). Com uma chave de fenda, e a pena ainda levantada, gire a carta (no sentido dos ponteiros do relógio) até a hora do início de amostragem. Quando devidamente ajustada a carta, a hora de início fica coincidindo com o ponteiro indicador localizado do lado direito da carta. Verifique se a carta está livre de girar.

14. Prepare o timer (ver Apêndice A). Certificando-se de que clock do timer está funcionado adequadamente, acerte-o (data, hora e minuto). Em seguida, programe-o conforme a programação de amostragem. Lembre-se de que a U.S. EPA exige que amostragem seja de ½ noite a ½ noite. Faça a leitura do horâmetro e anote-a no formulário de campo.

15. Feche a porta e o cadeado do aparelho.

16. Anote, no formulário de campo (Figura 5.1), os seguintes dados iniciais:

- N° da amostragem
- Identificação do AGV PTS
- Local do AGV PTS
- Identificação do filtro (número e tipo)
- Dados da última calibração do AGV PTS
- Período previsto para a amostragem
- Leitura inicial do horâmetro
- Peso inicial do filtro

Veja, na Figura 6.1a, a folha de campo preenchida com os dados iniciais do campo.

6.2.4 No Campo, Após da Amostragem

1. Tão logo que possível, de preferência logo na manhã após a ½ noite do término da amostragem, retorne à estação do AGV PTS, não esquecendo de levar o seguinte material:

    - as chaves do cadeado e da porta do AGV PTS;
    - o invólucro protetor para o filtro com coleta;
    - o formulário de campo com os dados iniciais (Figura 6.1a);
    - caneta, papel extra para anotações e uma prancheta;
    - chave de fenda e outras ferramentas eventualmente necessárias;
    - material de limpeza.

2. Levante o teto e abra a porta dianteira do AGV PTS.

3. Retire a moldura de aperto do filtro, soltando os quatro manípulos de alumínio. Remova o filtro, segurando-o cuidadosamente pelas bordas. Evite segurar o filtro pelos cantos.

4. Cheque o filtro, vendo se não há sinais de passagens de ar, que podem resultar de juntas da moldura gastas ou mal instaladas. Caso encontre passagens de ar, rejeite o filtro (anule a amostragem), determine a causa e inicie ação corretiva antes de iniciar outro período de amostragem.

5. Inspecione visualmente a superfície da junta da moldura de aperto e veja se não há fibras de vidro desgarradas do filtro em decorrência de aperto demasiado dos manípulos, bem como se não há rasgos no filtro ao longo da borda interna da junta da moldura.

6. Veja se não há danos físicos no filtro que possam ter surgidos durante ou após a amostragem. Danos físicos ocorridos após a amostragem não invalidam a amostra contanto que todos os pedaços do filtro sejam colocados no invólucro protetor. Entretanto, passagens de ar no filtro durante o período de amostragem ou perda de partículas soltas após a amostragem (por exemplo, quando da dobra do filtro) invalidam a amostra. Deste modo, marque tais amostras com a palavra “nula” antes de mandá-las para o laboratório.

7. Verifique a aparência das partículas coletadas. Quaisquer alterações na cor normal, por exemplo, podem ser indicativas de novas fontes de emissão ou de atividades de construção na área. Anote qualquer alteração observada no formulário, além de quaisquer razões óbvias para a alteração.

8. Dobre o filtro ao meio, no sentido de seu maior comprimento, com o lado da coleta para dentro. Caso a amostra coletada não esteja centrada no filtro (por exemplo, a borda não

Formulário de Registro – Amostragem AGV PTS

DADOS DA AMOSTRAGEM						
N° da Amostragem:	12/0001		Período:	02/04/12	a	03/04/12
N° do Amostrador:	HVP-1125		Hora:	½ noite	a	½ noite
Local:	Energética-Rio		Duração:	24	Horas (nominal)	
N° do Filtro:	12/0001		Tipo:	Fibra de vidro		

DADOS DA CALIBRAÇÃO DO AGV PTS					
Calibrado c/ CPV n°:	CPV-0151	Data ultima calibração do AGV PTS:		01/04/12	
Inclinação (a_2):	1,7811	Intercepto (b_2):	-0,0185	Correlação (r_2):	0,9990

ANOTAÇÕES DE CAMPO					
Temperatura ambiente média (T_3):		°C		T_p = 298 K	
ou Temperatura média sazonal (T_s)		°C		P_p = 760 mm Hg	
Pressão barométrica média (P_3):		mm Hg			
ou Pressão média sazonal (P_s)		mm Hg			
Leitura inicial horâmetro:	4.443,45	horas	Leitura final horâmetro:		horas

DADOS DA DEFLEXÃO D				CONDIÇÕES DURANTE A AMOSTRAGEM	
Número Intervalo	Deflexão	Número Intervalo	Deflexão	Responda **sim** ou **não**	
1		13		Amostador devidamente calibrado?	Sim
2		14		Timer e horâmetro funcionando bem?	Sim
3		15		Juntas do filtro e do motor boas e apertadas?	Sim
4		16		Motor e escovas em boas condições?	Sim
5		17		Pena do registrador traçando bem na carta?	Sim
6		18		A vazão se manteve entre 1,1 e 1,7 m^3/min.?	
7		19			
8		20		Enumere anormalidades durante a amostragem:	
9		21			
10		22			
11		23			
12		24			

DADOS DAS PESAGENS		
Peso inicial do filtro:	3,1426	g
Peso final do filtro:		g

Lúcia Baso	José Said
Ass. Operador	Ass. Supervisor

Figura 6.1a Formulário de Registro de Dados da Amostragem (com Exemplo de Dados Iniciais de Campo)

exposta ficou disforme em redor do filtro), dobre o filtro de modo que só área de depósito toque área de depósito. O manuseio inadequado do filtro pode, por exemplo, prejudicar eventuais amostragens para determinação de metais, onde o filtro tem que ser cortado em partes iguais.

9. Coloque o filtro no seu invólucro protetor numerado.

10. Retire a carta gráfica do registrador. Observe se não há alguma anormalidade no traçado da pena, que possa invalidar a amostragem. Caso ainda não tenha sido feito, anote, atrás da carta, a identificação do AGV PTS, o local e a data de amostragem. Coloque a carta, juntamente com o filtro, no invólucro protetor, tendo o devido cuidado de evitar que o lado com o traçado da pena fique em contacto com o filtro.

11. Cheque o timer e veja se seu clock continua acertado. Em seguida, faça a leitura final do horâmetro.

12. Observe as condições nas proximidades do local de monitoramento e registre quaisquer atividades incomuns que possam ter afetado a amostragem.

13. Anote, no formulário de campo (Figura 6.1a), os seguintes dados:

    - Término da amostragem
    - Leitura final do horâmetro
    - Condições da amostragem, inclusive indicação de anormalidades nas cercanias, caso tenham ocorrido

14. Antes de retornar ao laboratório, mesmo sem filtro instalado e mesmo que por pouco tempo, ligue o amostrador e verifique se está tudo funcionando, principalmente o motor, o Vari-Vol, o horâmetro, o registrador e o timer. Anote os defeitos que por ventura observar.

15. Transporte o filtro para o laboratório e entregue-o ao responsável pela guarda de amostras. Caso o filtro esteja alojado em um cassete, cuidado para que não fique solto durante o transporte. Proteja-o.

16. Obtenha e anote no formulário os valores médios da temperatura ambiente (T_3 ou T_s) e da pressão barométrica no local (P_3 ou P_s). Para orientação, caso necessite, veja a Subseção 4.1.3.

6.2.5 Manuseio Pós-Amostragem do Filtro

Caso a amostra não seja analisada imediatamente, o encarregado deve guardar o filtro dentro de um recipiente protetor, a fim de minimizar perdas de partículas voláteis. O pessoal do laboratório deve fazer uma checagem secundária da validade da amostra, seguindo o procedimento apresentado na Subseção 6.3.2.

Veja, na Figura 6.1b, como fica o formulário de campo após preenchido com os dados pós-amostragem.

6.2.6 Análise do Filtro e Cálculo das Concentrações de PTS

A análise pós-amostragem de filtros é discutida nas Seção 7.0. O cálculo das concentrações de PTS é tratado na Seção 8.0.

Formulário de Registro – Amostragem AGV PTS

DADOS DA AMOSTRAGEM

N° da Amostragem:	12/0001	Período:	02/04/12	a	03/04/12
N° do Amostrador:	HVP-0925	Hora:	½ noite	a	½ noite
Local:	Energética-Rio	Duração:	24	Horas (nominal)	
N° do Filtro:	12/0001	Tipo:	Fibra de vidro		

DADOS DA CALIBRAÇÃO DO AGV PTS

Calibrado c/ CPV n°:	CPV-0151	Data ultima calibração do AGV PTS:	01/04/12		
Inclinação (a_2):	1,7911	Intercepto (b_2):	-0,0185	Correlação (r_2):	0,9990

ANOTAÇÕES DE CAMPO

Temperatura ambiente média (T_3):	26	°C		T_p = 298 K	
ou Temperatura média sazonal (T_s)		°C		P_p = 760 mm Hg	
Pressão barométrica média (P_3):	758	mm Hg			
ou Pressão média sazonal (P_s)	761	mm Hg			
Leitura inicial horâmetro:	4.443,45	horas	Leitura final horâmetro:	4.467,45	horas

DADOS DA DEFLEXÃO D

Número Intervalo	Deflexão	Número Intervalo	Deflexão
1		13	
2		14	
3		15	
4		16	
5		17	
6		18	
7		19	
8		20	
9		21	
10		22	
11		23	
12		24	

CONDIÇÕES DURANTE A AMOSTRAGEM

Responda **sim** ou **não**

Amostador devidamente calibrado?	Sim
Timer e horâmetro funcionando bem?	Sim
Juntas do filtro e do motor boas e apertadas?	Sim
Motor e escovas em boas condições?	Sim
Pena do registrador traçando bem na carta?	Sim
A vazão se manteve entre 1,1 e 1,7 m^3/min.?	Sim

Enumere anormalidades durante a amostragem:

Nenhuma

DADOS DAS PESAGENS

Peso inicial do filtro:	3,1426	g
Peso final do filtro:		g

Lúcia Baso
Ass. Executante

José Said
Ass. Conferencista

Figura 6.1b Formulário de Registro de Dados da Amostragem (com Exemplo de Dados Finais de Campo)

6.3 Validação da Amostragem e Documentação

6.3.1 Critérios de Validação no Campo

Os seguintes critérios têm o fim de orientar o usuário na determinação se a amostra é válida ou não. Caso a amostra não satisfaça esses critérios, não jogue o filtro fora. Documente quaisquer fatores observados que possam resultar na invalidação da amostra; anote-os nos formulários de campo e entregue o filtro e os formulários ao supervisor do laboratório.

1. De tempo:

   - O amostrador deve ter ligado e desligado dentro de ½ hora da meia-noite.
   - O amostrador deve operar por no mínimo 23 horas e por no máximo 25 horas (1.380 a 1.500 min.).

2. De vazão:

   - A vazão do amostrador deve situar-se na faixa de 1,1 a 1,7 m^3/min.

6.3.2 Critérios de Validação no Laboratório

O encarregado pela guarda de amostras no laboratório é responsável pela realização de uma checagem secundária da validade de uma amostra. Não jogue fora uma amostra que falhe em satisfazer estes critérios; ao invés, encaminhe-a ao supervisor do laboratório, para decisão final sobre a validade.

1. Procure sinais de vazamento no filtro. Vazamentos podem decorrer de junta gasta. Um usuário experiente saberá determinar quando uma junta está tão gasta que é momento de trocá-la por uma nova. Caso haja sinais de vazamento, anule a amostra, determine as causas e dê instruções ao operador para tomar ações corretivas antes de iniciar um outro período de amostragem.

2. Verifique se não há dano físico no filtro com coleta, que possa ter ocorrido durante ou após a amostragem. Dano físico após a amostragem não invalidará a amostra se todos os pedaços do filtro estiverem colocados na pasta. Contudo, perdas completas de partículas soltas após a amostragem (por exemplo, perda quando da dobra do filtro) invalidará a amostra. Marque tais amostras com “nula” e anote no formulário de campo.

3. Verifique a aparência das partículas. Quaisquer alterações na cor normal pode indicar novas fontes de emissão ou atividades de construção na área. Anote alterações.

6.3.3 Documentação

A guarda de registros é uma parte crítica de um programa de garantia da qualidade (GQ). A documentação cuidadosa dos dados de amostragem poderá salvar dados que, ao contrário, poderão perder-se.

Os seguintes dados, anotados até este ponto pelo operador (ou operadores) de campo no formulário de campo (Figuras 6.1a e 6.1b), devem ser posteriormente conferidos, de preferência por um profissional de supervisão:

- N° da amostragem
- Identificação do AGV PTS
- Local do AGV PTS
- Identificação do filtro (número e tipo)
- Dados da última calibração do AGV PTS

- Período previsto para a amostragem
- Leitura inicial do horâmetro
- Peso inicial do filtro
- Término da amostragem
- Leitura final do horâmetro
- Condições incomuns que possam afetar os resultados (avaliação subjetiva da poluição naquele dia, atividades de construção, meteorologia etc.)
- Temperatura durante a amostragem (T_3 ou T_s)
- Pressão barométrica durante a amostragem (P_3 ou P_s)

Nota: Para completar o preenchimento do formulário, faltam ainda o peso final do filtro (a ser considerado no Capítulo 7.0) e os dados da carta gráfica (a serem considerados no Capítulo 8.0.

7.0 ANÁLISES DOS FILTROS COM COLETA

7.1 Documentação e Inspeção dos Filtros com Coleta

Ao receber uma amostra (filtro com coleta) do campo, o responsável pela guarda das amostras deve obedecer ao seguinte procedimento:

1. Examine o formulário de campo (Figura 6.1b). Determine se todos os dados necessários para verificar a validade das amostras e para calcular a concentração mássica estão disponíveis (isto é, temperatura ambiente, pressão barométrica no local e tempo decorrido de amostragem). Anule a amostra caso estejam faltando dados ou estes não tenham sido entregues pelo operador de campo, ou haja evidência de defeito no amostrador.

2. Caso o filtro com coleta tenha vindo acondicionado para remessa, remova o filtro de seu invólucro protetor (cassete ou envelope de papel reforçado) e examine este invólucro. Caso tenha havido desprendimento de material do filtro, recupere-o, tanto quanto possível, do invólucro para a área de depósito do filtro, usando para isso uma escova de cerda bem macia ou uma pinça.

3. Compare o número de identificação do filtro com o correto formulário de dados de laboratório (Figura 5.2), no qual estão inscritos o número de identificação da balança, o número de identificação do filtro, a tara do filtro e outras informações originais. O encarregado pela guarda de filtros deve agrupar os filtros de acordo com os seus números de identificação registrados por balança. A separação inicial de filtros por número de identificação por balança reduz a probabilidade de um erro de pesagem que possa resultar do uso de diferentes balanças para as determinações de taras e de pesos brutos.

4. Inspecione o filtro e veja se não há danos surgidos durante a amostragem. Conduza uma checagem secundária da validade de uma amostra (conforme apresentado na Subseção 6.3.2). Caso haja insetos incrustados no depósito de amostra, remova-os com pinças com pontas de teflon, mexendo o menos possível no depósito de amostra. Caso observe mais de 10 insetos, leve a amostra ao conhecimento do supervisor, para que seja tomada uma decisão quanto à aceitação ou rejeição do filtro antes de sua análise.

5. Coloque os filtros sem defeitos de volta nos invólucros protetores (cassete ou envelope de papel reforçado) e os encaminhe para pesagem e análise no laboratório. Arquive as folhas de dados, para cálculos posteriores da concentração mássica.

6. Coloque os filtros defeituosos, com a relação dos defeitos ocorridos, em invólucros limpos e separados, etiquete os invólucros e entregue-os ao supervisor do laboratório para aprovação final ou não da validade do filtro.

7.2 Equilibração do Filtro

Os filtros com coleta devem ser equilibrados e pesados da mesma forma que os filtros sem coleta, ou seja, num ambiente de condicionamento por um período de 24 h. Para os filtros com coleta, caso se suspeite de umidade elevada, o período de condicionamento pode ser estendido de 24 para até 48 horas. Veja a Subseção 5.4 e o Apêndice H com procedimentos detalhados para a equilibração de filtros.

7.3 Pesagem Final (Peso Bruto)

1. Pese os filtros com coleta, na balança analítica, com aproximação de um décimo de miligrama (0,1 mg). Veja, para orientação, os Passos 1 a 4 do procedimento de pesagem da tara (Subseção 5.5). **Nota:** Os filtros com coleta são normalmente pesados dobrados, com a coleta para dentro.

2. Caso possível, pese os filtros com a balança dentro da câmara condicionada. Caso contrário, certifique-se de que a balança esteja tão próxima quanto possível da câmara condicionada, onde esteja relativamente livre de correntes de ar e onde esteja à ou próxima à temperatura da câmara. A pesagem deve ser efetuada não mais de 30 s após a retirada dos filtros de dentro da câmara condicionada.

3. Anote o peso bruto do filtro na Folha de Controle das Pesagens (Figura 5.2) e no Formulário de Registro de Dados da Amostragem (Figura 6.1b). Na Figura 7.1 mostra-se o formulário de campo com o peso bruto anotado.

5. Caso o filtro de PTS não tenha que ir para análises adicionais, coloque-o no invólucro protetor. Entregue os filtros pesados ao responsável pela guarda de filtros, para serem arquivados.

6. Por outro lado, caso o filtro tenha que ir para análises adicionais, coloque-o num invólucro protetor. Certifique-se de que as análises adicionais exigidas estejam anotadas no invólucro. Cuidadosamente remeta cada filtro para o responsável pela guarda de filtros, que o encaminhará para o laboratório responsável pelas análises adicionais.

7.4 Cálculo da Carga Líquida de PTS no Filtro

O peso bruto menos a tara do filtro de PTS é o peso líquido de PTS para aquele filtro. Cada cálculo deste processo deve ser independentemente validado. A Seção 8.0 trata dos procedimentos de cálculo da concentração mássica de PTS.

Formulário de Registro – Amostragem AGV PTS

DADOS DA AMOSTRAGEM

N° da Amostragem:	12/0001		Período:	02/04/12	a	03/04/12
N° do Amostrador:	HVP-1125		Hora:	½ noite	a	½ noite
Local:	Energética-Rio		Duração:	24	Horas (nominal)	
N° do Filtro:	12/0001		Tipo:	Fibra de vidro		

DADOS DA CALIBRAÇÃO DO AGV PTS

Calibrado c/ CPV n°:	CPV-0151	Data ultima calibração do AGV PTS:		24/06/09	
Inclinação (a_2):	1,7811	Intercepto (b_2):	-0,0185	Correlação (r_2):	0,9990

ANOTAÇÕES DE CAMPO

Temperatura ambiente média (T_3):	24	°C		T_p = 298 K	
ou Temperatura média sazonal (T_s)		°C		P_p = 760 mm Hg	
Pressão barométrica média (P_3):	761	mm Hg			
ou Pressão média sazonal (P_s)		mm Hg			
Leitura inicial horâmetro:	4.443,45	horas	Leitura final horâmetro:	4.467,45	horas

DADOS DA DEFLEXÃO D

Número Intervalo	Deflexão	Número Intervalo	Deflexão
1		13	
2		14	
3		15	
4		16	
5		17	
6		18	
7		19	
8		20	
9		21	
10		22	
11		23	
12		24	

CONDIÇÕES DURANTE A AMOSTRAGEM

Responda **sim** ou **não**

Amostador devidamente calibrado?	Sim
Timer e horâmetro funcionando bem?	Sim
Juntas do filtro e do motor boas e apertadas?	Sim
Motor e escovas em boas condições?	Sim
Pena do registrador traçando bem na carta?	Sim
A vazão se manteve entre 1,1 e 1,7 m^3/min.?	Sim

Enumere anormalidades durante a amostragem:

Nenhuma

DADOS DAS PESAGENS

Peso inicial do filtro:	3,1426	g
Peso final do filtro:	3,3017	g

Lúcia Baso
Ass. Operador

José Said
Ass. Supervisor

Figura 7.1 Formulário de Registro de Dados da Amostragem (com Exemplo de Dados até a Pesagem Final)

8.0 CÁLCULOS E RELATÓRIOS

8.1 Concentração de PTS – O resultado

Conforme visto no Capítulo 2.0, o resultado de uma amostragem é a concentração de partículas totais em suspensão no ar ambiente, aqui simbolizado por PTS, determinada dividindo-se a massa de partículas coletada pelo volume de ar amostrado e expressada em microgramas por metro cúbico (µg/m^3):

$$PTS = (10^6)\frac{M_l}{V_p} \quad \text{(Eq. 2.1)}$$

onde:

PTS = concentração de partículas totais em suspensão, µg/m^3
M_l = ganho líquido de PTS no filtro durante a amostragem, g
V_p = volume total de amostrado em unidade padrão de volume, m^3 padrão
10^6 = fator de conversão, µg/g

Conforme exigido pela Resolução n° 3 do CONAMA, a concentração PTS tem que ser corrigida para as condições de referência ou padrão do CONAMA (as mesmas da US EPA), ou sejam 25 °C (298 K) e 760 mm Hg.

A determinação do PTS é feita numa planilha Excel fornecida pela ENERGÉTICA. Ver detalhes na Seção 8.4.

8.2 Determinação dos Pesos do Filtro

O numerador da fração na Eq. 2.1, ou seja, o ganho líquido em peso (massa), aqui simbolizado por M_l, é a diferença entre o peso final do filtro (com coleta), M_f, e o peso inicial do filtro (limpo, sem coleta), M_i, pesados com uma balança com precisão de 0,1 mg. Os procedimentos de pesagem dos filtros são apresentados nos Capítulos 5.0 e 7.0. Lembre-se que ambas as pesagens são realizadas somente após terem sido executadas as respectivas equilibrações de umidade.

8.3 Cálculo do Volume de Ar

O volume de ar passado pelo filtro durante a coleta é calculado integrando-se a curva da vazão registrada na carta gráfica ao longo do tempo da coleta. Como "integrar" no nosso caso é uma tarefa impraticável, aproxima-se então a integração pela somatória dos volumes de ar que passam sucessivamente pelo filtro em intervalos de tempo preestabelecidos. É prática generalizada dividir as 24 horas de amostragem em 24 intervalos de 1 hora (60 minutos) cada.

O dito no parágrafo acima á expressado matematicamente pela equação abaixo:

$$V_p = \sum_{i=1}^{24} V_{pi} \quad \text{(Eq. 8.1)}$$

onde

V_p = volume total de ar amostrado em unidade padrão de volume, m^3-padrão/min.,
V_{pi} = volume de ar amostrado no intervalo i em unidade padrão de volume, m^3-padrão/min.,
n = número de intervalos (24).

V_{pi}, por sua vez, é dado por:

$$V_{pi} = Q_{pi} \times \Delta t \quad \text{(Eq. 8.2}$$

onde

Q_{pi} = vazão padrão média no intervalo, m^3-padrão/min.

Δt = tempo do intervalo, 60 min.

8.3.1 Cálculo da Vazão (Q_{pi})

Q_{pi}, a vazão média em cada intervalo de 60 minutos *i*, é determinada pela equação abaixo.

$$Q_{pi} = \frac{1}{a_2}\left(\sqrt{D_i\left(\frac{P_3}{P_p}\right)\left(\frac{T_p}{T_3}\right)} - b_2\right) \qquad \text{(Eq. 8.3)}$$

onde

D_i = deflexão média obtida da leitura na carta para o intervalo *i* considerado
P_3 = pressão barométrica média durante a amostragem, mm Hg
P_p = 760 mmHg
T_p = 298 K
T_3 = temperatura ambiente média durante a amostragem, K
$\boldsymbol{a_2}$ = inclinação da reta de calibração do AGV PTS
$\boldsymbol{b_2}$ = intercepto da reta de calibração do AGV PTS.

Caso, na calibração do amostrador, a pressão média e a temperatura média sazonais (ou semestrais ou anuais) para o local forem incorporadas nos cálculos (ver Item B da Subseção 4.3.2), então a expressão de Q_{pi} toma a forma:

$$Q_p = \frac{1}{a_2}\left(\sqrt{D_i} - b_2\right) \qquad \text{(Eq. 8.4)}$$

1. Vê-se na Eq. 8.4 que não há necessidade de medir a pressão barométrica, P_3, e a temperatura ambiente, T_3, toda vez que se for amostrar, pois neste procedimento, já estão incorporadas a pressão e a temperatura sazonais.

2. A Eq. 8.3 e a Eq. 8.4 são semelhantes às Eq. 4.9 e Eq. 4.11, respectivamente, oriundas, por remanejamento, das retas de calibração do AGV PTS (Eq. 4.6 e Eq. 4.10)

8.3.1.1 Deflexões Médias (D_i)

As deflexões médias D_i são obtidas “lendo-se” o traçado na carta gráfica. Quando for “ler” a carta, analise primeiramente o traçado e veja como ele varia.

1. Análise do Traçado na Carta

O normal é que a curva vá se voltando para o centro à medida que se processa a coleta. Caso o ar ambiente esteja bem carregado, a volta para o centro pode ser acentuada. Caso contrário, quando o ar está limpo, a curva pode apresentar uma forma circular, como se nada houvesse acontecido. Alterações bruscas no traçado, para cima ou para baixo, podem ocorrer e são principalmente devido a duas razões: variação na voltagem da rede ou surgimento brusco de partículas em suspensão. A velocidade do motor responde sensivelmente à voltagem. Portanto, caso esta se eleve, eleva-se também a velocidade e, por conseguinte, a vazão através do filtro. O mesmo raciocínio é válido para redução da voltagem, com conseqüente redução da velocidade do motor. E, caso o amostrador esteja próximo a uma chaminé (ou a qualquer outra fonte de emissão), pode acontecer que, de repente, se veja coberto de partículas emitidas em grande intensidade. O registrador acusa então o evento com a sua pena dando uma forte guinada para o centro. É necessário cuidado para que estas emissões fortes não sejam longas demais, pois podem obstruir completamente o filtro e assim cortar a refrigeração do motor.

Veja a Figura 8.1 com exemplo (exagerado) de traçado numa carta. Este exemplo não foi tirado de uma amostragem real. Ele é apenas uma montagem para fins didáticos. Chama-se a atenção para o fato de que um traçado como esse, com movimentos tão abruptos, não é comum em amostragem.

2. Leitura das Deflexões Médias

Normalmente o traçado é muito mais "bem comportado", como mostrado na Figura 8.2. Nesta figura, logo abaixo da foto da carta, vê-se uma tabela com os 24 valores das médias das deflexões para cada intervalo. As médias são obtidas visualmente, “no olho”, como se diz na gíria.

Note-se que a escala da carta gráfica vai de zero a 10, em dez intervalos iguais, compreendidos por circunferências de linha grossa. Entre uma circunferência de linha grossa e outra há cinco intervalos menores, correspondendo cada a 0,2 na escala. Às vezes, o traçado cai entre uma circunferência e outra, como, por exemplo, entre o 5,2 e 5,4. Neste caso, lê-se 5,3.

3. Utilizando-se a carta da Figura 8.2 como exemplo, lança-se então os valores das médias das deflexões no formulário da Figura 7.1, obtendo-se o formulário (com dados) da Figura 8.3.

8.3.1.2 Dados da Calibração do AGV PTS (a_2 e b_2)

Os valores de a_2 e b_2 são retirados das planilhas da última calibração do AGV PTS (ver Figuras 4.5 e 4.6). No exemplo da Figura 4.5, a_2 = 1,7811 e b_2 = -0,0185. E no exemplo da Figura 4.6, a_2 = 1,7853 e b_2 = -0,0186.

8.3.1.3 Valores da Temperatura e da Pressão (T_3 e P_3 ou T_s e P_s)

Oriente-se pela Subseção 4.1.3 para obtenção dos valores da pressão e temperatura.

8.3.2 Tempo de Amostragem

Cheque o tempo decorrido da amostragem (*t*).

A duração de uma coleta é normalmente de 24 horas. Entretanto, a NBR 9547 (Ref. 2) aceita uma folga de ± 1 hora, ou seja, um período de coleta de 24 ± 1 horas. O horâmetro instalado no seu amostrador permite ter-se este tempo decorrido com precisão de centésimo da hora. A folga de ± 1 hora no tempo da coleta tem permitido que se use timer eletromecânicos com resolução de ± 15 minutos ou mais. No caso do AGV PTS, o timer utilizado, digital, tem precisão de 1 segundo.

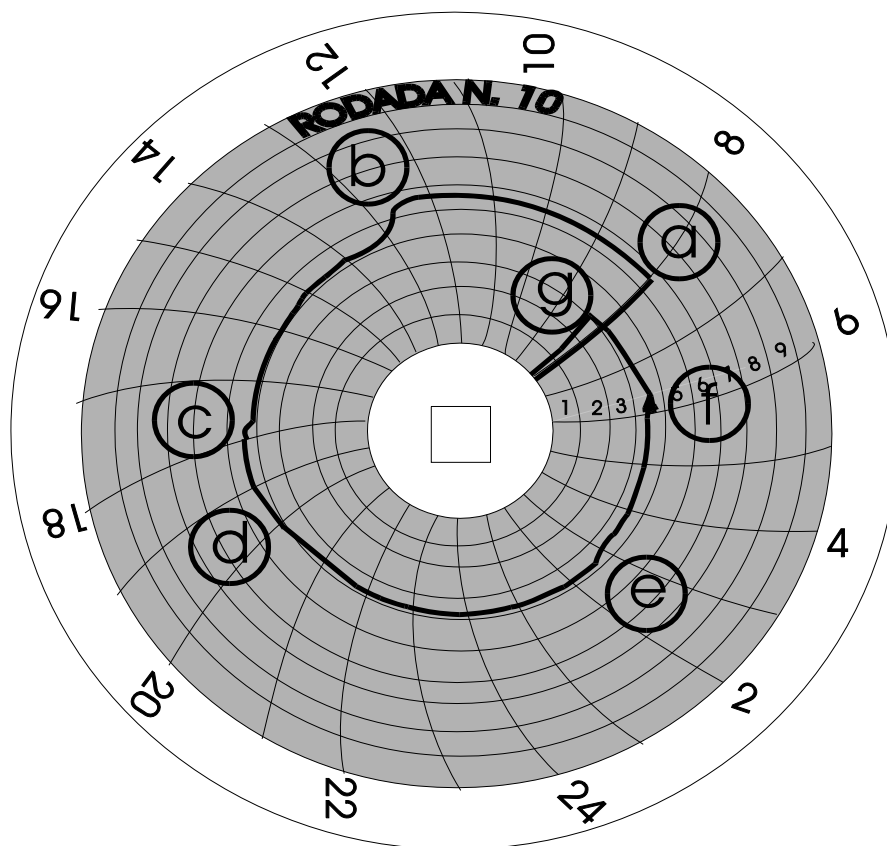
No caso de divisão em intervalos, em que o tempo total decorrido não seja exatamente de 24 horas, considere o último intervalo com qualquer que seja seu tempo decorrido. Feito isto, some os tempos (em minutos) decorridos de cada intervalo e cheque a soma contra o tempo total da amostragem, medido com o horâmetro ou com a própria carta. Devem ser iguais. Dê preferência à leitura com o horâmetro.

Alguns eventos indicados pela traçado na carta:	
a)	Início da amostragem. Deflexão 5,6 (= 1,57 m^3/min.). O traçado prossegue sem nenhuma variação por mais de 4 horas.
b)	Na 5ª hora, queda brusca no traçado, devido a surgimento brusco de partículas em suspensão. A deflexão desce para 4,1 (= 1,34 m^3/min.) e se mantém aí até a 10ª hora.
c)	Elevação da voltagem na 10ª hora, fazendo com que o motoaspirador gire mais rápido. A deflexão sobe para 4,3 (= 1,38 m^3/min.) e se mantém neste patamar até o início da 12ª hora.
d)	No início da 12ª hora, a voltagem começa a retornar no nível anterior. Deflexão desce para 3,8 (= 1,29 m^3/min.) a aí permanece até a 19ª hora.
e)	Na 19ª, mais partículas: o filtro se impregna mais. A deflexão desce para 3,4 (1,22 m^3/min.) e aí se mantém até a 23ª hora.
f)	Após isso, a voltagem se normaliza e o filtro se impregna mais: a deflexão baixa até 3,0 (1,15 m^3/min.).
g)	Fim da amostragem. O timer desligou com 37 minutos além das 24 horas.

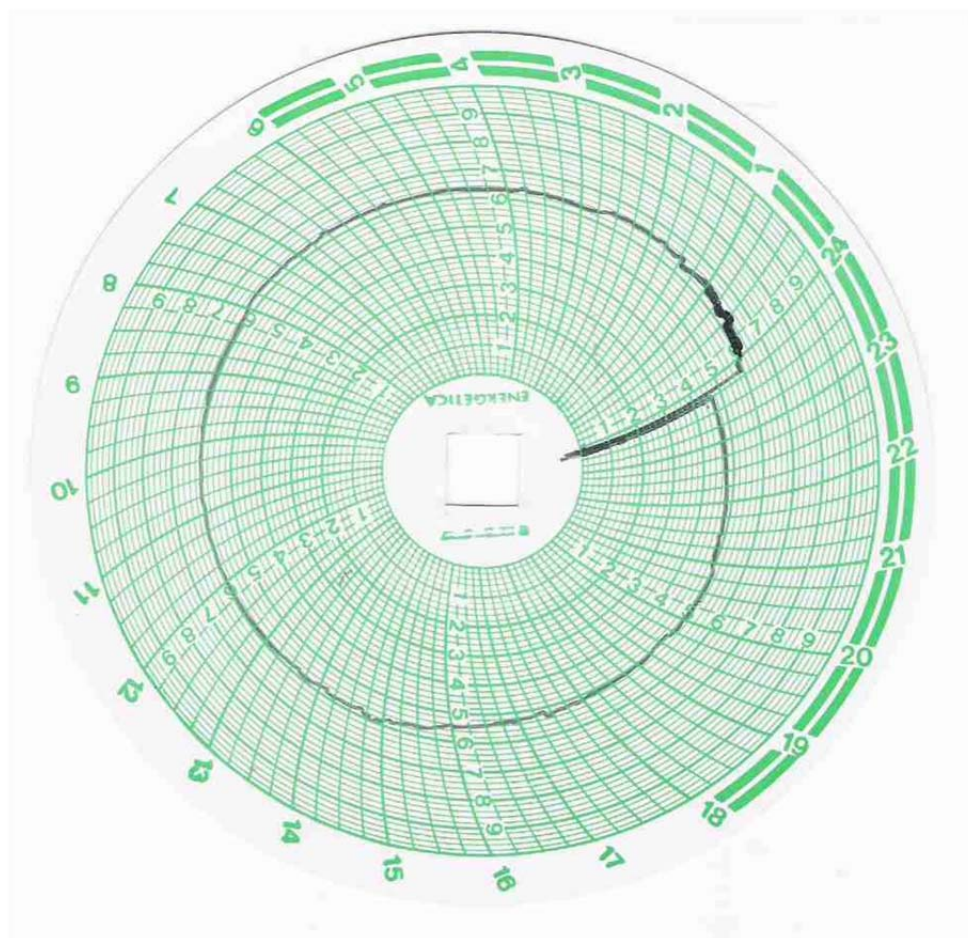
Figura 8.1 Exemplo (Hipotético e Exagerado) de Registro de Uma Amostragem

N° Intervalo	Deflexão D	N° Intervalo	Deflexão D
1	**6,3**	13	**5,9**
2	**6,5**	14	**5,8**
3	**6,5**	15	**5,7**
4	**6,3**	16	**5,7**
5	**6,2**	17	**5,5**
6	**6,2**	18	**5,2**
7	**6,2**	19	**5,1**
8	**6,2**	20	**5,0**
9	**6,1**	21	**5,0**
10	**6,0**	22	**4,9**
11	**6,0**	23	**4,8**
12	**6,0**	24	**4,7**

Figura 8.2 - Exemplo de Leitura na Carta para Cálculo do Volume

Formulário de Registro – Amostragem AGV PTS (1)

DADOS DA AMOSTRAGEM

N° da Amostragem:	12/0001		Período:	02/04/12	a	03/04/12
N° do Amostrador:	HVP-1125		Hora:	½ noite	a	½ noite
Local:	Energética-Rio		Duração:	24	Horas (nominal)	
N° do Filtro:	12/0001		Tipo:	Fibra de vidro		

DADOS DA CALIBRAÇÃO DO AGV PTS

Calibrado c/ CPV n°:	CPV-0151	Data ultima calibração do AGV PTS:		01/04/12	
Inclinação (a_2):	1,7811	Intercepto (b_2):	-0,0185	Correlação (r_2):	0,9990

ANOTAÇÕES DE CAMPO

Temperatura ambiente média (T_3):	24	°C		T_p = 298 K	
ou Temperatura média sazonal (T_s)		°C		P_p = 760 mm Hg	
Pressão barométrica média (P_3):	761	mm Hg			
ou Pressão média sazonal (P_s)		mm Hg			
Leitura inicial horâmetro:	4.443,45	horas	Leitura final horâmetro:	4.467,45	horas

DADOS DA DEFLEXÃO D				CONDIÇÕES DURANTE A AMOSTRAGEM	
Número Intervalo	Deflexão	Número Intervalo	Deflexão	Responda **sim** ou **não**	
1	6,3	13	5,9	Amostador devidamente calibrado?	Sim
2	6,5	14	5,8	Timer e horâmetro funcionando bem?	Sim
3	6,5	15	5,7	Juntas do filtro e do motor boas e apertadas?	Sim
4	6,3	16	5,7	Motor e escovas em boas condições?	Sim
5	6,2	17	5,5	Pena do registrador traçando bem na carta?	Sim
6	6,2	18	5,2	A vazão se manteve entre 1,1 e 1,7 m^3/min.?	Sim
7	6,2	19	5,1		
8	6,2	20	5,0	Enumere anormalidades durante a amostragem:	
9	6,1	21	5,0		
10	6,0	22	4,9	Nenhuma	
11	6,0	23	4,8		
12	6,0	24	4,7		

DADOS DAS PESAGENS

Peso inicial do filtro:	3,1426	g
Peso final do filtro:	3,3017	g

Lúcia Baso — Ass. Operador

José Said — Ass. Supervisor

Figura 8.3 Formulário de Registro com Dados da Amostragem (com Exemplo de Dados Até a Leitura da Carta Gráfica)
[Usada com Valores Médios da Temperatura Ambiente (T_3) e da Pressão Barométrica (P_3) Durante a Amostragem]

8.4 Cálculos com a Planilha

Da mesma maneira que para a calibração, há duas planilhas para amostragem fornecidas pela ENERGÉTICA. Uma planilha (ver Fig. 8.4) é para quando os valores médios de temperatura e pressão e durante a amostragem (T_3 e P_3, respectivamente) forem obtidos de uma fonte como uma estação meteorológica. A outra planilha (ver Fig. 8.5) é para quando o usuário optar por temperatura e pressão médias sazonais (T_s e P_s, respectivamente).

A) Uso dos Valores Médios da Temperatura Ambiente (T_3) e da Pressão Barométrica (P_3) Durante as Amostragens

Antes de começar a usar a planilha (Fig. 8.4), certifique-se de que tem à mão o formulário de registros com todos os dados necessários (ver Fig. 8.3 com todos os dados).

Os dados da Figura 8.3 são transferidos para as células correspondentes em cor verde da Figura 8.4. São transferidos os seguintes dados:

- **Dados da amostragem:**
  - Número da amostragem (opcional)
  - Número de identificação do amostrador
  - Local do amostrador
  - Data do início e data do fim da amostragem
  - Hora do início e hora do fim da amostragem. Normalmente de ½ a ½ noite.
  - Número do filtro utilizado na amostragem
  - Tipo de filtro. Geralmente utiliza-se filtro de fibra de vidro, mas pode-se usar outros tipos, como quartzo e celulose.
- **Dados da calibração do amostrador:**
  - Número do CPV
  - Data da última calibração do CPV (tirado do certificado)
  - Inclinação (a2) do CPV (tirado do certificado)
  - Intercepto (b2) do CPV (tirado do certificado)
  - Correlação (r2) do CPV (tirado do certificado)
- **Anotações de campo:**
  - Temperatura ambiente média (T3)
  - Pressão barométrica média (P3)
- **Valores das deflexões médias de cada intervalo. São 24 valores.**
- **Condições do amostrador durante a amostragem (sim ou não).**
- **Anormalidades durante a amostragem (enumerar).**
- **Dados da pesagem do filtro:**
  - Peso inicial
  - Peso final
- **Assinaturas do operador e do conferencista ou supervisor**

Com as células em verde todas preenchidas, a planilha executa (em Excel) os seguintes cálculos:

1. Conversão da temperatura, de graus Celsius (°C) para graus Kelvin (K)
2. Conversão da leitura do horâmetro, de hora (e seus centésimos) para minutos.
3. Determinação, utilizando a Equação 3 ou a Equação 4, da vazão média (Q_{pi}) para cada um dos 24 intervalos
4. Determinação, utilizando a Equação 2, do volume (V_{pi}) para cada um dos 24 intervalos
5. Soma de todas os volumes (V_{pi}), obtendo o volume total de ar da amostragem (V_p)
6. Determinação do peso líquido (M_l), pela diferença entre M_f e M_i
7. Determinação, utilizando a Equação 2.1, da concentração PTS.

Planilha de Amostragem - AGV PTS (1)

Dados da Amostragem

N° da Amostragem:	12/0001		Período:	02/04/12	a	03/04/12
N° do Amostrador:	HVP-1125		Hora:	1/2 noite	a	1/2 noite
Local:	Energetica		Duração:	24	horas (nominal)	
N° Filtro:	12/0001		Tipo:	Fibra de vidro		

Dados da Calibração do AGV PTS

Calibrado c/ CPV N°:	CPV-0151	Última calibração do AGV PTS:		01/04/12	
Inclinação (a_2):	1,7811	Intecepto (b_2):	-0,0185	Correlação (r_2):	0,9990

ANOTAÇÕES DE CAMPO

Temperatura ambiente média (T_3):	24	°C	297	K	T_p= 298 K
Pressão barométrica média (P_3):	761	mm Hg			P_p= 760 mmHg
Leitura inicial horâmetro:	4.443,45	horas	Leitura final horâmetro:	4.467,45	horas
Diferença de leituras do horâmetro:	24,00	horas	Diferença em minutos:	1.440,0	minutos

Dados do Volume

Número Intervalo	Deflexão	Vazão (m^3/min)	Intervalo (min)	Volume (m^3)
1	6,30	1,4229	60	85,37
2	6,50	1,4452	60	86,71
3	6,50	1,4452	60	86,71
4	6,30	1,4229	60	85,37
5	6,20	1,4117	60	84,70
6	6,20	1,4117	60	84,70
7	6,20	1,4117	60	84,70
8	6,20	1,4003	60	84,02
9	6,10	1,3889	60	83,33
10	6,00	1,3889	60	83,33
11	6,00	1,3889	60	83,33
12	6,00	1,3773	60	82,64
13	5,90	1,3657	60	81,94
14	5,80	1,3540	60	81,24
15	5,70	1,3540	60	81,24
16	5,70	1,3302	60	79,81
17	5,50	1,2937	60	77,62
18	5,20	1,2813	60	76,88
19	5,10	1,2688	60	76,13
20	5,00	1,2688	60	76,13
21	5,00	1,2561	60	75,37
22	4,90	1,2433	60	74,60
23	4,80	1,2304	60	73,83
24	4,70	1,2304	60,0	73,83
				1.943,53 m^3

$$Q_p = \frac{1}{a_2}\left(\sqrt{D\left(\frac{P_3}{760}\right)\left(\frac{298}{T_3}\right)} - b_2\right)$$

Dados da Pesagem

Peso inicial (M_i):	3,1426	g
Peso final (M_f):	3,3017	g
Peso líquido (M_l):	0,1591	g

Dados da Concentração de Partículas Totas em Suspensão (PTS)

Concentração (PTS):	81,86	µg/m^3

$$PTS = \left(\frac{M_l}{V_p}\right)10^6$$

OBSERVAÇÕES (anormalidades durante a amostragem)

____

____

Responsável: ____________________ Data: ________________

Figura 8.4 Planilha de Amostragem (1)
[Usada com Valores Médios da Temperatura Ambiente (T_3) e da Pressão Barométrica (P_3) Durante a Amostragem]

O valor de PTS obtido pela planilha é para condições padrão (de referência do CONAMA). Entretanto, caso desejado, a concentração de material particulado real pode ser calculada por:

$$(PTS)_R = PTS\left(\frac{P_3}{P_p}\right)\left(\frac{T_p}{T_3}\right) \qquad \text{(Eq. 8.5)}$$

onde

(PTS)$_R$ = concentração real nas condições no local de amostragem, µg/m^3
PTS = concentração mássica de material particulado total em suspensão para condições-padrão, µg/m^3-padrão
P_3 = pressão barométrica média durante a amostragem, mm Hg
P_p = 760 mm Hg
T_3 = temperatura ambiente média durante a amostragem, K.
T_p = 298 K

O $(PTS)_R$ acima (Equação 8.5) torna-se simplesmente *PTS* [$(PTS)_R = PTS$] quando se tiver incorporado nos cálculos os valores médios sazonais (ou semestrais ou anuais) da pressão barométrica (P_s) e da temperatura (T_s). Isto porque P_3=P_p=P_s e T_3=T_p=T_s.

B) Uso dos Valores Médios Sazonais, Semestrais ou Anuais da Temperatura Ambiente (T_S) e da Pressão Barométrica (P_S) Durante as Amostragens

Repetindo, quando for possível determinar, para um local de amostragem, a pressão barométrica média sazonal (ou semestral ou anual), P_S, e a temperatura média sazonal (ou semestral ou anual), T_S, e, além disso, quando, nesse local, a pressão barométrica e a temperatura ambiente não variarem mais que ± 60 mm Hg e ± 15°C, respectivamente, poder-se-á então incorporar P_s e T_s na calibração do AGV PTS, evitando-se assim a necessidade de cálculos subseqüentes de pressão e temperatura nas amostragens.

O Formulário de Registro com Dados da Amostragem com os dados para esta opção (B) é mostrado na Figura 8.5. Nesta, os valores das médias sazonais (T_s e P_s) bem como os dados da calibração do AGV PTS (a_2, b_2 e r_2) foram tirados da planilha de calibração da Figura 4.6. O restante dos dados são semelhantes aos correspondentes na Figura 8.3 (para a Opção A).

A planilha de amostragem utilizada é mostrada na Figura 8.6, com exemplo, cujos dados foram tirados do formulário da Figura 8.5.

8.5 Documentação dos Dados

A ENERGÉTICA recomenda que o usuário mantenha guardados, de forma organizada e controlada, pelo menos os seguintes documentos:

- Formulário de registro da amostragem
- Folha de controle das pesagens
- Certificado de calibração do amostrador
- Certificado de calibração do calibrador padrão de vazão (CPV)
- Cartas gráficas utilizadas na amostragens e na calibração
- Filtros com coleta

Para maiores informações sobre documentação e forma de relatório de apresentação de resultados, recomenda-se ao usuário consultar o órgão de controle ambiental de seu estado.

Formulário de Registro – Amostragem AGV PTS (2)

DADOS DA AMOSTRAGEM

N° da Amostragem:	1/0001	Período:	02/04/12	a	03/04/12
N° do Amostrador:	HVP-1125	Hora:	½ noite	a	½ noite
Local:	Energética-Rio	Duração:	24	Horas (nominal)	
N° do Filtro:	09/003	Tipo:	Fibra de vidro		

DADOS DA CALIBRAÇÃO DO AGV PTS

Calibrado c/ CPV n°:	CPV-0151	Data ultima calibração do AGV PTS:		01/04/12	
Inclinação (a_2):	1,7853	Intercepto (b_2):	-0,0186	Correlação (r_2):	0,9999

ANOTAÇÕES DE CAMPO

Temperatura ambiente média (T_3):		°C		T_p = 298 K	
ou Temperatura média sazonal (T_s)	26	°C		P_p = 760 mm Hg	
Pressão barométrica média (P_3):		mm Hg			
ou Pressão média sazonal (P_s)	759	mm Hg			
Leitura inicial horâmetro:	4.443,45	horas	Leitura final horâmetro:	4.467,45	horas

DADOS DA DEFLEXÃO D

Número Intervalo	Deflexão	Número Intervalo	Deflexão
1	6,3	13	5,9
2	6,5	14	5,8
3	6,5	15	5,7
4	6,3	16	5,7
5	6,2	17	5,5
6	6,2	18	5,2
7	6,2	19	5,1
8	6,2	20	5,0
9	6,1	21	5,0
10	6,0	22	4,9
11	6,0	23	4,8
12	6,0	24	4,7

CONDIÇÕES DURANTE A AMOSTRAGEM

Responda **sim** ou **não**

Amostador devidamente calibrado?	Sim
Timer e horâmetro funcionando bem?	Sim
Juntas do filtro e do motor boas e apertadas?	Sim
Motor e escovas em boas condições?	Sim
Pena do registrador traçando bem na carta?	Sim
A vazão se manteve entre 1,1 e 1,7 m^3/min.?	Sim

Enumere anormalidades durante a amostragem:

Nenhuma

DADOS DAS PESAGENS

Peso inicial do filtro:	3,1426	g
Peso final do filtro:	3,3017	g

Lúcia Baso
Ass. Operador

José Said
Ass. Supervisor

Figura 8.5 Formulário de Registro com Dados da Amostragem (com Exemplo de Dados Até a Leitura da Carta Gráfica)
[Usada com Valores Médios sazonais da Temperatura Ambiente (T_s) e da Pressão Barométrica (P_s) Durante a Amostragem]

Planilha de Amostragem - AGV PTS (2)

Dados da Amostragem

N° da Amostragem:	12/0001	Período:	02/04/12	a	03/04/12
N° do Amostrador:	HVP-1125	Hora:	1/2 noite	a	1/2 noite
Local:	Energética-Rio	Duração:	24	horas (nominal)	
N° Filtro:	09/003	Tipo:	Fibra de vidro		

Dados da Calibração do AGV PTS

Calibrado c/ CPV N°:	CPV-0151	Última calibração do AGV PTS:	01/04/12		
Inclinação (a_2):	1,7853	Intecepto (b_2):	-0,0186	Correlação (r_2):	0,9999

ANOTAÇÕES DE CAMPO

Temperatura ambiente média (T_s):	26	°C	299	K	T_p=	298 K
Pressão barométrica média (P_s):	759	mm Hg			P_p=	760 mmHg
Leitura inicial horâmetro:	4.443,45	horas	Leitura final horâmetro:	4.467,45	horas	
Diferença de leituras do horâmetro:	24,00	horas	Diferença em minutos:	1.440,0	minutos	

Dados do Volume

Número Intervalo	Deflexão	Vazão (m^3/min)	Intervalo (min)	Volume (m^3)
1	6,3	1,4163	60	84,98
2	6,5	1,4385	60	86,31
3	6,5	1,4385	60	86,31
4	6,3	1,4163	60	84,98
5	6,2	1,4051	60	84,31
6	6,2	1,4051	60	84,31
7	6,2	1,4051	60	84,31
8	6,2	1,4051	60	84,31
9	6,1	1,3938	60	83,63
10	6,0	1,3825	60	82,95
11	6,0	1,3825	60	82,95
12	6,0	1,3825	60	82,95
13	5,9	1,3710	60	82,26
14	5,8	1,3594	60	81,56
15	5,7	1,3477	60	80,86
16	5,7	1,3477	60	80,86
17	5,5	1,3240	60	79,44
18	5,2	1,2877	60	77,26
19	5,1	1,2754	60	76,52
20	5,0	1,2629	60	75,77
21	5,0	1,2629	60	75,77
22	4,9	1,2503	60	75,02
23	4,8	1,2376	60	74,26
24	4,7	1,2248	60,0	73,49
Volume total de ar em condições padrão =				1.945,36 m^3

$$Q_p = \frac{1}{a_2}\left(\sqrt{D} - b_2\right)$$

Dados da Pesagem

Peso inicial (M_i):	3,1426	g
Peso final (M_f):	3,3017	g
Peso líquido (M_l):	0,1591	g

Dados da Concentração de Partículas Totas em Suspensão (PTS)

Concentração (PTS): 81,78 µg/m^3

$$PTS = \left(\frac{M_l}{V_p}\right)10^6$$

OBSERVAÇÕES (anormalidades durante a amostragem)

____

Responsável: ________________ Data: __________

Figura 8.6 Planilha de Amostragem (2)

[Usada com Valores Médios sazonais da Temperatura Ambiente (*T_s*) e da Pressão Barométrica (*P_s*) Durante a Amostragem

9.0 MANUTENÇÃO

Um programa regular de manutenção permite que uma rede de monitoramento opere por maiores períodos de tempo sem que ocorra falhas no sistema. Com o tempo, pode-se observar que são necessários ajustes nas frequências de manutenção em função da demanda operacional dos amostradores. A ENERGÉTICA recomenda, contudo, que sejam observados certos intervalos para as atividades de limpeza e manutenção, até que se estabeleça um histórico operacional estável dos amostradores.

Esta seção apresenta procedimentos de manutenção específicos para o AGV PTS.

9.1 Casinhola

A casinhola de alumínio deve ser inspecionada a cada período de amostragem, principalmente o teto (entrada) em duas águas, verificando-se se não há irregularidades no perímetro de entrada.

9.2 Porta-filtro (Figura 9.1)

Inspecione, a cada período de amostragem, a tela do filtro e a junta do porta-filtro. Remova quaisquer depósitos na tela do filtro e substitua as juntas, se necessário.

9.3 Motoaspirador (Figura 9.1)

9.3.1 Considerações Gerais

Algumas considerações importantes, antes de entrar no procedimento de manutenção do motor:

- Tanto o coletor (comutador) quanto as escovas do motor sofrem, por centelhamento entre eles, um desgaste natural quando em uso. É imperativo, a fim de evitar não só riscos de dano ao motor como também perdas de amostragem, que o usuário os troque antes que se desgastem totalmente. Para isso, o usuário deve estabelecer uma programação de manutenção preventiva. Uma programação conservadora é apresentada nas Subseções 9.3.5 e 9.3.6.

- Pode-se tentar obter maior rendimento do motor e das escovas, mas, para isso, ter-se-á que acompanhar visualmente o desgaste dos mesmos, o que implica remover periodicamente o motor do porta-motor. Este processo é trabalhoso, mas traz o benefício de tornar o usuário familiarizado com o processo de desgaste do coletor e das escovas. Ele poderá, por exemplo, em cada inspeção, examinar o comprimento restante das escovas. **Nota**: A ENERGÉTICA recomenda trocar as escovas tão logo seu comprimento (do grafite) se reduza a menos de 3 milímetros.

- Outros fatores importantíssimos no prolongamento das vidas úteis do coletor e das escovas são a tensão (voltagem) em serviço do motor e os cuidados com o coletor e as escovas durante as trocas destas. Para a tensão, o ideal seria que os valores recomendados para os motores fornecidos pela ENERGÉTICA, ou seja, 95 V para o AGV PTS de 110 V e 190 V para o de 220 V, não fossem ultrapassados durante a amostragem. **Atenção**: utilize o voltímetro instalado no painel para ler a tensão. Caso não haja voltímetro no painel, utilizar um multímetro comum. Os cuidados que o usuário deverá ter por ocasião das trocas das escovas estão descritos nos procedimentos apresentados ainda nesta subseção.

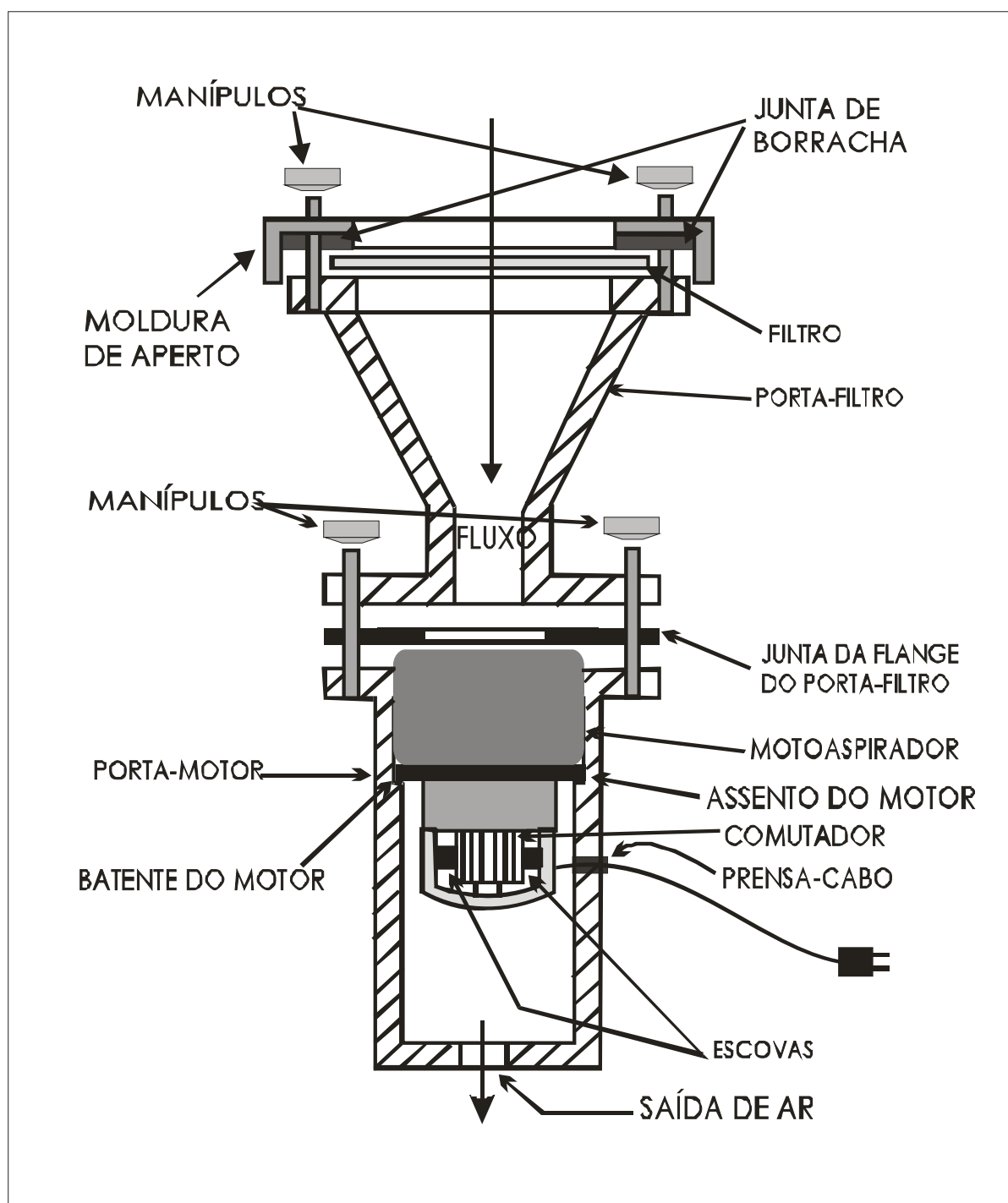



Figura 9.1 Conjunto Porta-filtro/Motor

- Aconselha-se o usuário a não tentar, após desgaste total do coletor, repará-lo ou trocá-lo. Dificilmente o coletor poderá ser reparado. Nem sua troca por um original é aconselhável, visto que o motor se desbalanceia com o uso, não permitindo mais obter-se bom rendimento do coletor e das escovas de reposição. Em suma, o motor deverá ser simplesmente descartado após desgaste total de seu coletor.

- Muitos usuários são impactados pelos desgastes usuais do motor e de suas escovas. Entretanto, este fato tem que ser encarado e recomendamos acostumar-se com a idéia de que o motor e as escovas de reposição, devido à regularidade com que se desgastam, se comportam como material de “consumo” - e não como material de “reposição”-. De fato, caso o usuário faça um levantamento do custo de uma amostragem, deverá chegar à conclusão de que a participação do motor e das escovas no custo total é comparável ou mesmo menor do que a de filtros, cartas e penas.

- As escovas utilizadas no AGV PTS são de menor espessura (cerca de 6 mm) do que a das escovas do AGV MP_{10} e do PTS/CVV (cerca de 8 mm), e não devem, em hipótese alguma, ser usadas nos motores destes. A solicitação de corrente elétrica no AGV MP_{10} e no PTS/CVV é de cerca de 30 % maior do que no PTS. Portanto, as escovas de menor espessura, se instaladas no AGV MP_{10} ou no PTS/CVV, além de proporcionar risco de danos no motor, terão vida útil extremamente breve.

9.3.2 Remoção do Motoaspirador

Siga o procedimento abaixo para remoção do motoaspirador de dentro do porta-motor.

1. Solte, afrouxando dois manípulos, a cinta que prende o porta-motor.

2. Desconecte a mangueira que vai do porta-motor (parte cilíndrica do conjunto porta-filtro/motor) ao registrador, bem como o cabo elétrico do motor. Desatarraxe os quatro manípulos de alumínio, tendo o cuidado de, com uma mão, segurar o porta-motor. Certifque-se de que as juntas das flanges não se percam. Retire o porta-motor da casinhola.

3. Sobre uma mesa ou bancada, solte a porca do prensa-cabo na saída do cabo elétrico no cilindro, de modo que o cabo elétrico possa mover-se pelo respectivo furo do cilindro. Para a troca das escovas, não é necessário remover todo o cabo elétrico. Isto seria necessário apenas quando se tiver que remover o motoaspirador totalmente, seja para reparo, seja para descarte. Neste caso, ter-se-ia que desconectar o plugue do cabo elétrico e remover a porca, a bucha e a arruela do prensa-cabo. Em assim fazendo, remove-se todos os empecilhos para que o cabo passe totalmente pelo furo no cilindro.

4. Empurre suavemente o cabo elétrico para o interior do cilindro até topar nos componentes do prensa-cabo e do pino elétrico.

5. Retire parcialmente o motoaspirador do porta-motor. Se necessário, use uma chave de fenda em volta do motoaspirador para desprendê-lo do interior do cilindro. Ao remover o motoaspirador, faça isso lentamente, puxando cuidadosamente o cabo através do furo no porta-motor.

6. Deite o cilindro e coloque o motoaspirador numa posição (com o motor para cima) de modo a se ter acesso às suas escovas.

9.3.3 Troca de Escovas e Limpeza do Coletor

1. Apoiando o motor na bancada, desaparafuse, com uma chave philips, as abraçadeiras das escovas e solte-as. Em seguida, com uma chave de fenda, retire cuidadosamente o terminal do fio que se encaixa na fenda na parte superior da escova. Cuidado para não quebrar o grafite (também chamado de carvão)!

2. Cheque o comprimento das escovas (do grafite). Caso já estejam totalmente gastas (menos que 3 mm), troque-as por novas. **Nota**: Sempre troque ambas.

3. Instale as escovas novas, observando que elas possuem um pequeno ressalto para encaixe na sua sede no motor. O ressalto fica para baixo. Coloque o terminal do fio na fenda da escova nova, reponha as abraçadeiras e aperte os parafusos com a chave philips.

4 Aproveite a troca de escovas e verifique as condições da superfície do coletor. Caso não esteja completamente gasto ou não seja ainda a hora de trocar o motor (segundo programação preventiva), limpe-o. Para isso, utilize um estilete para, cuidadosamente, remover limalha ou outras impurezas incrustadas nas fendas do coletor e passe uma lixa d'água fina para limpar a superfície do coletor. Caso contrário, troque o motor por um outro completamente novo.

5. Antes de colocar o amostrador em funcionamento pleno, aproveite para amaciar as escovas novas. O amaciamento tem como objetivo obter máximo desempenho (vida útil) do motor e das escovas. Com o amaciamento, reduz-se significativamente o centelhamento, e consequentemente o desgaste adicional das escovas, que ocorreria nos primeiros momentos de operação caso as escovas não fossem amaciadas. O procedimento de amaciamento consiste em operar o motor com voltagem reduzida a 50 % por pelo menos 30 minutos. Isso pode ser feito após a instalação do motor (com as novas escovas) no porta-motor. Ainda sem instalar o filtro, ajuste o Vari-Vol para 50% e opere o amostrador por meia hora. O amaciamento pode também ser feito na bancada, no caso de um motor novo. Neste caso, a redução da voltagem pode ser obtida com um variador de potência ou com um variac. Caso não possua nenhum desses instrumentos, o usuário poderá ligar o motor em série com outro similar.

   Atenção: Não ligue o AGV PTS diretamente em 110 V/220 V sem antes amaciar as escovas, pois isso poderá reduzir significativamente a vida útil do motor.

9.3.4 Reinstalação do Motoaspirador

1. Antes de colocar o motoaspirador de volta ao porta-motor, remova seu assento (conjunto borracha e anel de alumínio) de dentro do porta-motor e verifique suas condições. Caso esteja bastante amassado, troque-o por um novo. **Atenção**: é imprescindível que o assento do motoaspirador esteja em boas condições, a fim de impedir refluxo de ar, de baixo para cima, por entre o motoaspirador e as paredes do porta-motor. Verifique também as condições da junta (anel de borracha) de vedação do porta-motor com o porta-filtro. Troque-a, caso esteja muito amassada.

2. Aloje o assento do motoaspirador no porta-motor, de modo que fique bem apoiado no batente circular no interior do cilindro. Em seguida, insira o motoaspirador no porta-motor, cuidadosamente, puxando, paulatinamente, o cabo elétrico para fora, de modo que a sua parte dentro do porta-motor não fique próximo às partes em movimento do motor. O motoaspirador deve ficar bem pousado no seu assento.

3. Com uma mão, segure o porta-motor (já com o motoaspirador dentro) e, com a outra, coloque a borracha de vedação sobre a flange do porta-motor. Em seguida, acople, enfiando os quatro parafusos prisioneiros nos respectivos furos da flange do porta-filtro, o porta-motor ao porta-filtro e, finalmente, coloque e aperte os quatro manípulos de aperto. À medida que for apertando os manípulos, observe se a junta permanece bem colocada. Deve-se ter o cuidado de apertar os manípulos por igual, a uma pressão tal que se assegure de que não haja entrada falsa de ar.

4. Reponha a cinta de aperto do porta-motor e aperte os dois manípulos.

7. Encaixe o plugue elétrico do motor na sua tomada correspondente no painel de controle, bem como conecte a mangueira do registrador ao adaptador de pressão do porta-motor.

9.3.5 Troca de Escovas

1. Troque as escovas antes do seu desgaste total, pois poderá danificar o coletor. A velocidade com que as escovas se gastam é função das condições de trabalho das mesmas, ou sejam, amaciamento prévio, condições do coletor, voltagem de trabalho, altas flutuações ou não na voltagem de linha etc. Recomenda-se trocar as escovas toda vez que se reduzirem a 3 mm de comprimento. Isso implica a abertura frequente do porta-motor para verificação do comprimento das escovas, ação esta indesejável por muitos usuários.

2. Caso o usuário não se importar em reduzir ao máximo as despesas com escovas, recomenda-se a programação preventiva de trocas apresentada na Tabela 9.1.

9.3.6 Descarte do Motoaspirador

1. A vida útil do coletor é sensivelmente prolongada quando se seleciona uma voltagem de trabalho de 95 V, para AGV PTS de 110 V, e de 190 V, para AGV PTS de 220 V, e se toma os devidos cuidados com as escovas, como, por exemplo, seu amaciamento. Dependendo das condições de operação, o coletor pode durar de 1.200 a 3.000 horas. A vida útil média poderá ser determinada pelo usuário, após adquirir experiência na operação e manutenção do amostrador. O local do amostrador, particularmente devido às condições da voltagem de linha, é também determinante na vida útil do motoaspirador.
   .
   Atenção: O fabricante do motoaspirador (a AMETEK LAMB) recomenda descartar todo o motoaspirador toda vez que o coletor se desgastar completamente. A troca do coletor desgastado por um novo, mesmo original de fábrica, raramente levará o motoaspirador a recuperar o balanceamento original, sem o qual sua vida útil se reduz significativamente. "Não compensa trocar o coletor", afirma o fabricante. "O melhor mesmo é descartá-lo".

2. Caso o usuário não se importe em reduzir ao máximo as despesas com o motor, recomenda-se a programação preventiva para o descarte do motor apresentada na Tabela 9.2.

9.4 Painel de Controle (Figura 9.2)

No painel, encontram-se instalados, de cima para baixo: variador de tensão (Vari-Vol), voltímetro digital (para leitura da tensão de saída do Vari-Vol), timer, horâmetro, chave liga-desliga, sinaleiro e porta-fusível. Caso ocorra defeito em algum desses componentes, o usuário deverá remover o painel do interior da casinhola, afrouxando-se seus dois parafusos de fixação. Com o painel removido, o usuário terá uma boa visão do circuito elétrico por trás. Ver Fig. 9.2. Detalhes técnicos do Vari-Vol, do timer e do horâmetro podem ser vistos nos Apêndices A, B e C, respectivamente.

Tabela 9.1 – Programação Preventiva de Trocas de Escovas

Para Motoaspirador LAMB311 (120 V):	
Escovas	**Frequência de Trocas** [contanto que a tensão de alimentação do motor não exceda 95 V]
Originais	A cada 600 horas ou a cada 25 amostragens de 24 horas
De reposição	A cada 500 horas ou a cada 21 amostragens de 24 horas
Para Motoaspirador LAMB312 (240 V):	
Escovas	**Frequência de Trocas** [contanto que a tensão de alimentação do motor não exceda 190 V]
Originais	A cada 600 horas ou a cada 25 amostragens de 24 horas
De reposição	A cada 500 horas ou a cada 21 amostragens de 24 horas
Atenção: Os números recomendados acima pressupõem, além do controle das voltagens reduzidas, outros cuidados com o motor e suas escovas, tais como amaciamento de escovas e limpeza adequada do coletor**.**	

Tabela 9.2 – Programação Preventiva para Descarte do Motor

Para Motoaspirador LAMB311 (120 V):
Frequência de Descarte
Após a troca da segunda reposição de escovas. Isto se daria após aproximadamente 67 amostragens de 24 horas, ou 1.600 horas.
Para Motoaspirador LAMB312 (240 V):
Frequência de Descarte:
Após a troca da segunda reposição de escovas. Isto se daria após aproximadamente 67 amostragens de 24 horas, ou 1.600 horas.

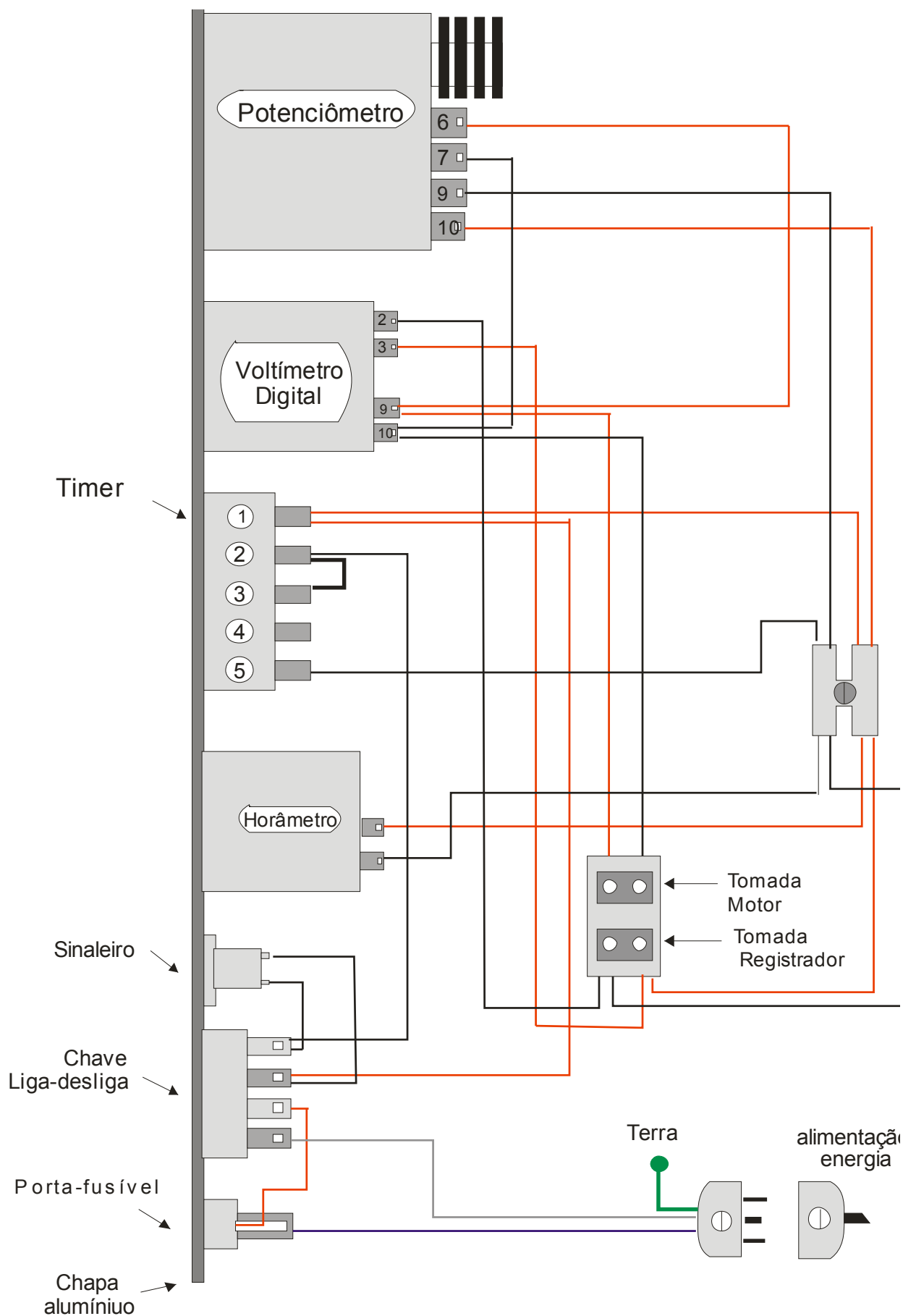



Figura 9.2 Circuito Elétrico do Painel de Controle

9.4.1 Variador de Tensão (Vari-Vol)

Ver detalhes técnicos do Vari-Vol no Apêndice B.

Recomenda-se ao usuário realizar, de tempo em tempo, a seguinte verificação do Vari-Vol: girar o botão deste em todo o curso, observando a indicação da voltagem no voltímetro. Normalmente, o curso vai de 0 a 100 % da tensão de entrada no Vari-Vol. Note-se que ao girar totalmente contra os ponteiros do relógio, o botão desliga o Vari-Vol com um clique.

9.4.2 Horâmetro

Ver detalhes técnicos do horâmetro no Apêndice C.

Conforme mencionado na Subseção 4.4.1, o horâmetro deve, a cada seis meses, ser checado contra um cronômetro padrão de comprovada exatidão, seja no local de amostragem ou no laboratório. Um ganho ou perda de mais de 2 minutos num período de 24 horas implica reparo ou reposição do horâmetro.

9.4.3 Programador de Tempo (Timer)

Ver detalhes técnicos do timer no Apêndice A.

Conforme mencionado na Subseção 4.4.2, o timer deve ser checado no seu recebimento após a compra e subsequentemente a cada trimestre, usando-se, para isso, um horâmetro previamente calibrado como referência (pode ser do próprio amostrador). O timer só é aceitável para uso quando ligar e desligar dentro de 24 h $\pm$ 30 min. Um exemplo de procedimento de calibração do timer é apresentado no Apêndice E.

O timer atual do AGV PTS utiliza uma bateria comum, descartável (anteriormente, a bateria utilizada era recarregável), encontrada normalmente no mercado. Modelo da bateria: CR2032. Teoricamente, esta bateria dura 5 anos. Entretanto, recomenda-se trocá-la a cada ano.

9.4.4 Sinaleiro

O sinaleiro instalado no painel tem a função de apenas indicar se o sistema está energizado ou não. Deve-se salientar que a queima do mesmo não implica desenergização do sistema. Por outras palavras, o amostrador liga e funciona normalmente com o sinaleiro queimado.

9.4.5 Fusível

Recomenda-se utilizar fusível de 15 A para o AGV PTS de 110 V e de 7 A para o de 220 V.

9.5 Registrador de Vazão

Certifique-se, toda vez que for fazer amostragem, de que a pena do registrador está deixando traço na carta. Verifique se o motor de giro está funcionando e se não há quebras e dobras na mangueira do registrador. Verifique a porta do registrador e veja se está vedando bem; caso não esteja, mande trocar a junta.

Maiores detalhes técnicos do registrador podem ser vistos no Apêndice D.

9.6 Cabos Elétricos e Conexões

Deve-se, a cada amostragem, verificar se não há quebras e dobras nos cabos elétricos e se não há conexões expostas. Não deixe que os cabos e tomadas fiquem imersos n'água. Se necessário, levante os cabos acima do solo e prenda-os, com fita, nas pernas da casinhola.

9.7 Material e Peças de Reposição

Ver a Tabela 9.3 com uma relação do material e peças mais comuns.

Tabela 9.3 Relação de Material e Peças de Reposição para o AGV PTS

Calibrador Padrão de Vazão (ENERGÉTICA)

Peça	Referência ENERGÉTICA
Kit de calibração completo (com CPV, placa adaptadora, 5 placas de resistência, mangueira, manômetro de 400 mm e estojo)	CPVGV
Manômetro de coluna d'água, com 400 mm na escala, mod. MAN40CM	MNU-10140
Líquido para manômetro, com fluoresceína (frasco com 50 mL)	MNU117
Mangueira para conexão entre o copo e o manômetro, de silicone, 50 cm de comprimento	CPVGV-113

Motoaspirador (AMETEK LAMB):

Peça	Referência ENERGÉTICA
Escova	ESCO384 / ESCO308
Motoaspirador	LAMB311 (120V) ou LAMB312 (220V)

Painel de controle (ENERGÉTICA):

Peça	Referência ENERGÉTICA
Painel de controle (completo)	PNLPTS1 (110 V) ou PNLPTS2 (220 V)
Horâmetro	PNH-2031 (110V) ou PNH-2032 (220V)
Programador de tempo (timer) semanal digital	PNH-2021 (110V) ou PNH-2022 (220V)
Chave liga-desliga	PNH-204
Porta-fusível	PNH-206
Sinaleiro (led)	PNH-205
Variador de Potência Mod. HV8 110V	PNH-2018 (110V) ou PNH-2019 (220V)
Voltímetro Digital 3 dígitos 48X48	PNH-231

Porta-filtro/Motor (ENERGÉTICA):

Peça	Referência ENERGÉTICA
Assento do motor (alumínio e borracha)	PFM312
Espigão da tomada de pressão (latão)	HV322
Junta da flange do porta-filtro (borracha)	PFM319
Junta da moldura de aperto (borracha)	PFM311
Mangueira de tomada de pressão (PVC)	HV327
Manípulo de aperto (alumínio)	PFM307
Moldura de aperto (alumínio)	PFM309
Porta-filtro/motor completo (sem motor)	PFM300
Porta-filtro (afunilado, de fibra de vidro, com 2 telas de inox)	PFM301
Porta-motor (cilíndrico, de fibra de vidro)	PFM302

Tabela 9.3 Relação de Material e Peças de Reposição para o AGV PTS (cont.)

Registrador de Vazão (ENERGÉTICA)

Peça	Referência ENERGÉTICA
Registrador de vazão completo	RP4Q1 (110 V) ou RP4Q2 (220 V)
Carta gráfica (caixa c/ 100)	DIN20E
Pena (caixa c/ 6), Mod. PEN0011 (preta) Pena (caixa c/ 6), Mod. PEN0012 (vermelha)	RP4-3101 RP4-3102
Mangueira do registrador	RP4-231

10.0 REFERÊNCIAS

1. CONAMA. Resolução n° 3, de 28 de junho de 1990. Publicada no D.O.U, de 22/08/90.

2. ABNT. Material Particulado em Suspensão no Ar Ambiente - Determinação da Concentração Total pelo Método do Amostrador de Grande Volume. NBR 9547, Set., 1997.

3. ABNT. Material Particulado em Suspensão na Atmosfera - Determinação da Concentração de Partículas Inaláveis pelo Método do Amostrador de Grande Volume Acoplado a um Separador Inercial de Partículas. NBR 13412, Jun, 1995.

4. CETESB. Decreto 8.468 de 08/09/76 (Estado de São Paulo).

5. FEEMA. Método MF 606. Método do Amostrador de Grandes Volumes (Hi-Vol) – Determinação de Partículas em Suspensão no Ar Ambiente. Aprovado pela Deliberação do n° 027, de 06/07/78. Publicado no DOERJ de 27/09/78.

6. US EPA, "Refererence Method for the Determination of Suspended Particulate Matter in the Atmosphere", July 1, 1988, contido no Federal Register 40 CFR 50, Appendix B.

7. U.S. EPA. Quality Assurance Handbook for Air Pollution Measurements Systems, Volume II, Ambient Air Specific Methods. Section 2.2: Reference Method for the Determination of Suspended Particulates in the Atmosphere (High-Volume Method). U.S. Environmental Protection Agency, Research Triangle Park, North Carolina 27711, EPA-600/4-77-027a, Jan. 1983.

8. U.S. EPA. Quality Assurance Handbook for Air Pollution Measurements Systems, Volume II, Ambient Air Specific Methods. Section 2.11: Reference Method for the Determination of Particulate Matter as PM_{10} in the Atmosphere. U.S. Environmental Protection Agency, Research Triangle Park, North Carolina 27711.

9. U.S. EPA. Network design for State and Local Air Monitoring Stations (SLAMS), National Air Monitoring Stations (NAMS), and Photochemical Assessment Monitoring Stations (PAMS). CFR 40, Chapter I, Part 58, Appendix D. U.S. Environmental Protection Agency, Research Triangle Park, North Carolina 27711.

10. U.S. EPA. Probe Siting Criteria for Ambient Air Quality Monitoring. CFR 40, Chapter I, Part 58, Appendix E. U.S. Environmental Protection Agency, Research Triangle Park, North Carolina 27711.

11. U.S. EPA. Operating Schedule. CFR 40, Chapter I, Part 58, Section 58.13. U.S. Environmental Protection Agency, Research Triangle Park, North Carolina 27711.

12 Methods of Air Sampling and Analysis. Third Edition. James P. Lodge, Jr. (Editor), Intersociety Committee, Lewis Publishers, Inc., 1989.

APÊNDICE A

PROGRAMADOR DE TEMPO (TIMER DIGITAL)

1.0 INTRODUÇÃO

O timer digital serve para ligar e desligar automaticamente o amostrador. É de alta precisão. Com ele pode-se programar o liga-desliga do amostrador em qualquer dia, hora e minuto da semana. O aparelho compreende basicamente um CLOCK (relógio) e um TIMER (programador de tempo). A idéia é primeiramente acertar o dia da semana, a hora e o minuto no CLOCK e depois programar o TIMER conforme o desejado.

2.0 DESCRIÇÃO

O timer permite oito programações (com 14 combinações cada), através de cinco teclas frontais, diariamente ou por grupos de dias (segunda a sexta, sábado e domingo e segunda a domingo). Uma bateria no instrumento provê uma reserva de energia de pelo menos um ano. O timer digital tem um canal de saída e permite RESET (retorno ao estado zero). O timer tem formato redondo, com cerca de 62 mm de diâmetro. No painel há sete teclas, um display em cristal líquido (LCD) e um sinaleiro LED. As teclas são identificadas no painel por símbolos ou pelos termos:

- RESET (zeramento da memória)
- ON (liga)
- AUTO (automático)
- OFF (desliga)
- CLOCK (relógio)
- TIMER (programação)
- DAY (dia)
- HOUR (hora)
- MIN (minuto)
- MANUAL (acionamento manual do relé de saída)

Nos display pode-se ler dados do CLOCK (dia da semana, hora, minuto e segundo) e dados do TIMER (dia da semana, hora e minuto).

3.0 DADOS TÉCNICOS

Alimentação.........................120/240 V		Bateria CR2032 (descartável).......220 mA/h
Corrente.............................10/15 A		Duração (teórica) bateria..............5 anos
Frequência...........................50/60 Hz		Faixa de temp. em operação........0 - 60 °C
Capacidade..........................Até 2.500 VA		Display.......................................LCD
Consumo............................10 W		Sinaleiro....................................LED
Núm. de programações........Até 8		Peso..0,15 g
Intervalo mín. entre programações..1 min.		

4.0 INSTALAÇÃO

O timer digital é instalado no painel do amostrador. O esquema de ligação é apresentado na traseira do instrumento.

5.0 RESET

O reset do timer, ou seja, o retorno ao estado zero tanto do CLOCK quanto do TIMER, é realizado pressionando-se a tecla RESET. Como a tecla é pequena, de borracha e rebaixada, recomenda-se usar um objeto fino, porém não muito pontudo, para acioná-la. Na realidade, necessita-se mesmo acionar o RESET apenas em um caso:

- Quando se quer esvaziar o CLOCK e as programações do TIMER. Caso se queira apenas corrigir os dados do CLOCK ou de um determinado programa do TIMER, o RESET torna-se desnecessário. Basta apenas partir do que estiver programado no clock e no timer.

6.0 LIGA, DESLIGA E AUTOMÁTICO

O timer permite três modos de operação para uma carga programável:

- Ligado (ON)
- Desligado (OFF)
- Acionamento automático (AUTO)

Seleciona-se um desses modos com a tecla MANUAL. Ao se acionar a tecla MANUAL, um indicador logo acima da tecla, na forma de um tracinho horizontal, pula da direita para a esquerda, ou vice-versa, posicionando-se, da esquerda para a direita, no ON (liga), AUTO (automático) e OFF (desliga). Na posição AUTO, com o tracinho logo acima da palavra AUTO, o timer ligará e desligará conforme programação pré-estabelecida. A programação do timer deve ser sempre realizada com o instrumento na posição OFF (desligado).

Finalmente, recomenda-se, ao colocar-se o timer no AUTO, sempre trazer o tracinho da posição OFF para a posição AUTO. Nunca, portanto, da posição ON para a AUTO, a não ser que se queira deixar o amostrador já ligado; neste caso, apenas o OFF fica programado.

7.0 PROGRAMAÇÃO

7.1 Para Acertar o Clock (Relógio)

Dia da semana

- Mantendo a tecla CLOCK pressionada, acione a tecla DAY. O dia da semana (MO, TU, WE, TH, FR, SA ou SU) aparecerá no display em letras bem pequenas sobre os dígitos e mudará para o próximo cada vez que se acionar a tecla DAY.

- Caso segure as teclas CLOCK e DAY, simultaneamente, por mais de três segundos, o dia da semana saltará para o próximo mais rapidamente.

- Solte ambas as teclas quando o dia desejado estiver indicado no display.

Notar que os dias da semana estão em inglês: MO (segunda), TU (terça), WE (quarta), TH (quinta), FR (sexta), SA (sábado) e SU (domingo).

Hora

- Mantendo a tecla CLOCK pressionada, acione a tecla HOUR. A hora do dia (0 a 23) mudará para a próxima cada vez que se acionar a tecla HOUR.

- Caso segure as teclas CLOCK e HOUR, simultaneamente, por mais de 3 segundos, a hora do dia saltará mais rapidamente.

- Solte ambas as teclas quando a hora desejada estiver indicada no display.

Minuto

- Mantendo a tecla CLOCK pressionada, acione a tecla MIN. O minuto da hora (0 a 59) mudará para o próximo cada vez que se acionar MIN.

- Caso segure as teclas CLOCK e MIN, simultaneamente, por mais de 3 segundos, o minuto saltará mais rapidamente.

- Solte as teclas quando o minuto desejado estiver indicado no display.

Nota: Ao se acertar o dia da semana e o horário, os segundos reiniciarão do zero automaticamente.

Com o clock acertado, passa-se à programação do timer.

7.2 Para Programar o Timer

- Aperte e solte a tecla TIMER para entrar na programação do timer. Aparece então o número "1" à esquerda, no display, com ON logo acima em letras bem pequenas. Isto indica que se pode programar o instante do início da energização da carga programável no programa 1. Lembrar que o aparelho permite 8 programações.

- Acione a tecla DAY para selecionar o dia da semana (MO, TU, etc.)

- Há 14 combinações que se pode escolher para os dias da semana em cada um dos 8 programas:

  - MO (segunda)
  - TU (terça)
  - WE (quarta)
  - TH (quinta)
  - FR (sexta)
  - SA (sábado)
  - SU (domingo)
  - SA + SU
  - MO + WE + FR
  - TU + TH + SA
  - MO + TU + WE
  - TH + FR + SA
  - MO + TU + WE + TH + FR + SA
  - MO + TU + WE + TH + FR + SA + SU

Para escolher qualquer das programações da lista acima o operador deverá acionar a tecla DAY sucessivamente até aparecer o grupo de dias desejado. A sequência se dá conforme acima.

Nota: A última combinação, por exemplo, significa que a operação liga-desliga se repete uniformemente em todos os dias da semana. A oitava combinação significa que a operação liga-desliga será feita somente nos sábados e domingos.

- Acione a tecla HOUR para escolher a hora.

- Acione a tecla MIN para escolher o minuto.

- Após acertar o dia da semana, a hora e o minuto para ON (liga) no programa 1, aperte e solte a tecla TIMER para programar o OFF (desliga) ainda no programa 1.

Aparece então o OFF em cima do número “1”, novamente em letras pequenas.

- Repita os passos 2, 3 e 4 acima para programar o dia, a hora e o número do OFF (desliga).

- Após programar os instantes de ON (liga) e OFF (desliga) no programa 1, repita, se for necessário, os passos 1 a 6 para os programas 2 a 6.

- Acione a tecla MANUAL e mova o tracinho (que deve estar na posição OFF) para a posição AUTO.

Nota: Quando for programar para início imediato, sugere-se programar o início (ON) do timer para 3 minutos mais tarde, tempo suficiente para se fazer toda a programação. E é só esperar um pouquinho, que o usuário verá seu amostrador ligar, iniciando o funcionamento programado.

8.0 BATERIA

A programação realizada no timer é guardada em memória protegida por bateria. Utilizar bateria CR-2032. Quando esta estiver com sua carga reduzida, um mensagem aparece no visor, indicando que a bateria deve ser substituída. Teoricamente, a bateria dura 5 anos. Entretanto, a ENERGÉTICA recomenda trocá-la a cada ano.

O acesso à bateria é feito por trás do timer.

APÊNDICE B

REGULADOR DE TENSÃO (VARI-VOL)

1.0 INTRODUÇÃO

O Vari-Vol é um regulador de tensão, de utilização no AGV PTS, que tem como função básica aumentar a vida útil do motoaspirador e de suas escovas, bem como manter a coleta da amostra dentro da faixa de vazão de amostragem recomendada pelas normas vigentes.

2.0 NECESSIDADE

É comum, na indústria ou mesmo em locais públicos, encontrar-se pontos nas redes elétricas com voltagens que variam de 90/180 a 130/260 V ou mais. As voltagens acima de 120/240 V não são adequadas para o funcionamento do AGV PTS e devem pois ser evitadas.

O motor, de alta rotação (por volta de 18.000 rpm), possui um alto potencial de desgaste devido a longos períodos de operação e à sua alta rotação. Este desgaste já é substancial para a voltagem de projeto dos motores utilizados (120 V e 240 V) e aumenta significativamente para voltagens maiores, podendo ocorrer desgaste prematuro das escovas ou, pior ainda, a queima do motor.

Por outro lado, o AGV PTS, para voltagens acima de 120/240 V, quase sempre coleta com vazão acima do máximo indicado pela norma.

Faz-se pois necessário evitar que o AGV PTS opere em voltagens acima de 120/240 V.

3.0 A SOLUÇÃO

O AGV PTS continua operando sem problemas de vazão quando a tensão é reduzida para 95 V (para motor com tensão 120 V) e 190 V (para motor com tensão 240 V), medidas com o voltímetro do próprio amostrador ou, caso o amostrador não seja dotado de voltímetro, com um multímetro comum. Além disso, nesses níveis de tensão, a vida útil das escovas aumenta significativamente. A solução consiste então em reduzir a tensão da rede para um valor situado em torno de 95 V (para motor de 120 V) e 190 V (para motor de 240 V), utilizando-se o Vari-Vol para ajuste.

4.0 PRINCÍPIO DE OPERAÇÃO DO VARI-VOL

O Vari-Vol é um variador de tensão que funciona a estado sólido.

Através de um potenciômetro com chave liga-desliga, o aparelho permite regular a potência consumida pelo motoaspirador. O princípio de funcionamento baseia-se na variação do ângulo de disparo de um TRIAC, controlado por potenciômetro.

5.0 DADOS TÉCNICOS

Atributo		HV-8	
Escala		Decimal (%)	
Consumo máx. de corrente		-	
Tensão operação da carga		200...250 V(rms)	
Frequência da rede		47...63 Hz	
Corrente de regime		8 A(rms)	
Temp. ambiente		0 a 50 °C	
Dimensões		133x48x48 mm	

6.0 INSTALAÇÃO

O Vari-Vol vem instalado no painel de controle do AGV PTS.

7.0 OPERAÇÃO

Opera-se o Vari-Vol por meio de um botão central que gira ao longo de uma escala de 0 a 10, correspondendo à faixa de 0 a 100% da potência de entrada. A escala é adimensional, tendo-se, portanto, que utilizar algum meio para se estabelecer a correlação entre a posição do botão e a tensão de saída do Vari-Vol (tensão de entrada no motoaspirador). A tensão de saída é indicada pelo voltímetro instalado no painel. A operação de acerto da tensão é feita com o motoaspirador em funcionamento. Conforme já frisado, a ENERGÉTICA recomenda 95/190 V para a tensão de entrada do motoaspirador.

Atenção: Caso seu amostrador não tenha voltímetro no painel, utilize um multímetro comum para monitorar a tensão de saída do Vari-Vol.

APÊNDICE C

HORÂMETRO

1.0 INTRODUÇÃO

O horâmetro instalado no AGV PTS serve para medir, com precisão, o tempo de amostragem. É também útil na determinação do tempo acumulado do uso do motor e de suas escovas, facilitando a realização de um programa de manutenção preventiva.

2.0 DESCRIÇÃO

O horâmetro é eletromecânico, sendo acionado por um micromotor síncrono de elevada precisão. Quando acionado, o micromotor movimenta o conjunto de dígitos legíveis, indicando o tempo de funcionamento do sistema. A contagem é progressiva e cumulativa, isto é, não retorna ao zero (não resseta).

O modelo instalado vem com 7 dígitos, com indicação de 1/100 da hora. **Atenção**: Tem-se que converter de centésimo (1/100 da hora) para minuto (1/60 da hora).

O instrumento, em caixa própria de 48 x 48 mm, é instalado no painel de comando do amostrador, logo acima do timer.

3.0 DADOS TÉCNICOS

Escala		Decimal (%)
Alimentação		110 ou 220 Vca
Frequência		60 Hz
Consumo		2,0 VA
Temp. ambiente		0 a 60 °C
Exatidão da leitura		0,001 %
Leitura máxima		99999,99 Hora

4.0 INSTALAÇÃO

O horâmetro é instalado no painel de controle do amostrador. Ver circuito de instalação na seção sobre manutenção.

5.0 OPERAÇÃO

O horâmetro é ligado em paralelo ao motoaspirador. Portanto, seu acionamento é concomitante com o do motor.

6.0 CALIBRAÇÃO

O horâmetro deve ser calibrado a cada seis meses contra um cronômetro de exatidão comprovada. O ganho ou perda não pode ser superior a 2 min. num período de 24 horas. Se isso ocorrer, descarte-o ou mande-o para reparo.

APÊNDICE D

REGISTRADOR CONTÍNUO

1.0 INTRODUÇÃO

O registrador fornecido no seu AGV PTS permite conhecer-se contínua a instantaneamente a vazão de ar que está amostrando.

O aparelho registra durante o período de amostragem e funciona da seguinte maneira: o motoaspirador do amostrador força todo o ar amostrado através do orifício inferior do cilindro de fibra de vidro que contém o próprio motoaspirador. Portando, no terço inferior do cilindro gera-se uma pressão positiva que é função direta da vazão de amostragem. Uma mangueira une a tomada de pressão (espigão) do cilindro ao registrador, transmitindo a pressão no cilindro a um fole selado dentro do registrador. O fole, por sua vez, ao se expandir, causa a deflexão de uma pena sobre uma carta gráfica, deixando nesta um traçado durante o tempo de amostragem.

O registrador conta com um motor AC sincrônico que faz girar a carta uma volta em 24 horas.

2.0 DADOS TÉCNICOS (MODELO RP4Q)

ALIMENTAÇÃO.. 120 ou 240 V/60 Hz
CONSUMO.. 3,7 W (p/120 V)
GIRO .... 1 ROTAÇÃO/24 HORAS
FAIXA DE PRESSÃO.................................. 0-250 mm H_2O
INSTALAÇÃO (TIPO)................................... PAINEL
DIMENSÕES DO GABINETE .... 185 X 170 X 117 mm
PESO... 1,0 Kg

3.0 COMPONENTES

O registrador conta com os seguintes componentes:

1. Porta
2. Junta da porta
3. Visor de vidro
4. Junta do visor
5. Fecho
6. Dobradiça
7. Painel
8. Carta
9. Eixo movimentador da carta
10. Parafuso de ajuste do zero
11. Parafuso de aperto do ajuste
12. Guia da carta
13. Clip de referência do tempo
14. Haste da pena
15. Pena descartável
16. Pivô da haste da pena
17. Alavanca levantadora da pena
18. Parafuso de montagem
19. Caixa externa
20. Parafuso de aperto haste pena
21. Parafuso do terra
22. Adaptador da mangueira

Ver localização dos componentes na Figura D.1.

4.0 INSTALAÇÃO

O registrador é fixado, através de 4 parafusos, no painel inferior do AGV PTS. A mangueira de tomada de pressão que vem do porta-filtro é encaixada no adaptador (espigão) localizado na face inferior do registrador. A energização do registrador se dá através de seu cabo flexível, cujo pino é inserido na tomada inferior localizada na lateral do painel de controle. O funcionamento do registrador é comandado pelo timer, concomitantemente com o do motoaspirador e do horâmetro.

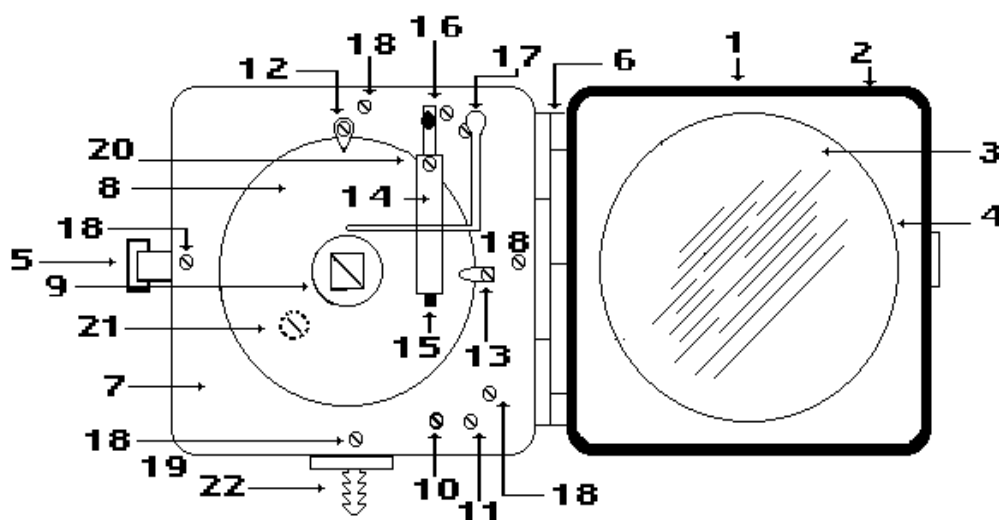



Figura D.1 Localização dos Componentes no Painel e Porta do Registrador

5.0 PENA

O registrador vem equipado com uma pena. A pena consiste em uma ponta fibrosa e porosa e uma carga de tinta. O conjunto pode ser trocado com facilidade. Quando acabar a tinta, simplesmente substitua a pena por outra nova.

5.1 Para que a Pena Comece a Escrever

- Levante a pena acionando a alavanca levantadora;
- Retire a tampa protetora da pena;
- Coloque um pedaço pequeno de papel embaixo da ponta da pena;
- Movimente o papel em contato com a ponta e veja se a pena deixa traço (se for preciso, molhe um pouquinho a ponta);
- Caso a pena não deixe traço, troque-a.

5.2 Para Trocar a Pena

- Levante a pena acionando a alavanca levantadora;
- Cuidado para não dobrar demais a haste da pena, pois pode deformá-la;
- Pegue a pena, próximo à ponta, com o polegar e o indicador, e solte a pequena cinta que abraça a extremidade da haste;
- Jogue fora a pena usada;
- Pegue uma nova pena, coloque-a na extremidade da haste, certificando-se de que a meia-lua desta encosta no corpo cilíndrico da ponta porosa da pena;
- Aperte a cinta da nova pena em volta da extremidade da haste:
- Feito isto, verifique se a pena está traçando bem na carta;
- É importante certificar-se de que a pressão da pena na carta esteja adequada. Caso seja demasiada, a pena se move com atrito demais e portanto não responde prontamente às variações na tomada de pressão do registrador. Por outro lado, caso seja leve demais, a pena pode se comportar como "louca" ou mesmo não deixar traçado nenhum;
- Caso a pressão seja demasiada ou leve demais, corrige-se isto removendo-se a haste da pena do seu parafuso) e dobrando-a para o lado pertinente até que ela comece a permanecer dobrada (ao atingir sua zona plástica). Caso não consiga da primeira vez, tente novamente, até conseguir uma pressão adequada.

6.0 TROCA DE CARTAS

O instrumento só permite o uso de cartas circulares, de papel com firmeza apropriada e com rasgos especiais para fácil instalação. A carta é forçada a girar pela ferragem especial situada no eixo de movimentação. Para instalar uma carta nova:

- Levante a pena usando a alavanca levantadora.
- Deslize a carta por baixo da pena e, uma vez centrada, gire-a até que o furo central se encaixe na ferragem no eixo.
- Deslize as bordas da carta por baixo da guia e do clip indicador de tempo.
- Empurre a carta toda contra a base.
- Com uma chave de fenda, gire o conjunto até acertar o tempo apropriadamente, alinhando o indicador na carta com o clip indicador de tempo.
- Certifique-se de que nada possa impedir o livre giro da carta.

7.0 AJUSTE DO ZERO

Posiciona-se a pena no zero da carta movimentando-se o parafuso especial, com indicação AJUSTE ZERO, localizado no "sudeste" do painel. A pena então se movimenta para a esquerda ou para direita, conforme o sentido de giro do parafuso. Antes de movimentar o parafuso AJUSTE ZERO, afrouxe o parafuso APERTO AJUSTE. Após obter o zero, reaperte o parafuso APERTO AJUSTE. Recomenda-se sempre manter o parafuso APERTO AJUSTE apertado. Toda essa operação do ajuste deve ser feita lentamente e com cuidado. Devido ao atrito com a carta, a pena pode sofrer resistência para vencer os últimos milímetros até chegar à sua posição de equilíbrio. Isto pode dificultar um pouco o ajuste da pena no zero. Deste modo, recomenda-se dar umas tapinhas no registrador a fim de que a pena chegue rapidamente à sua posição de equilíbrio.

8.0 MANUTENÇÃO

8.1 <u>Inspeção de Recebimento</u>

Ao receber seu equipamento realize uma inspeção para conferir se o registrador não sofreu quebra e/ou maltrato no transporte. Verifique se o vidro não foi quebrado ou se a caixa externa não foi danificada. Um teste simples para verificar rapidamente se o registrador está funcionando consiste em primeiro lugar abrir a porta frontal e baixar a alavanca levantadora da pena e depois soprar suavemente na mangueira de tomada de pressão e verificar se a pena se movimenta com a pressão exercida.

8.2 <u>Instruções Gerais</u>

O registrador foi projetado especificamente para o presente uso, sendo um aparelho confiável e que requer pouca manutenção. Obviamente, deixá-lo cair ou deixá-lo exposto a excessos de vibração, calor ou voltagem não é recomendável e pode causar-lhe sérios danos. O registrador que sofrer danos deve ser enviado de volta à **ENERGÉTICA** para conserto e ajuste.

8.3 <u>Troca de Peças</u>

Existem algumas peças que podem ser trocadas no local de uso, como, por exemplo, a porta com o visor e junta, haste da pena, a alavanca levantadora da pena etc. Em caso de dúvida, solicitamos entrar em contato com a **ENERGÉTICA** para maiores informações. Recomendamos porém enviar o registrador completo para troca de peças e reajuste.

APÊNDICE E

CALIBRAÇÃO DO PROGRAMADOR DE TEMPO (TIMER)

Apresenta-se, neste Anexo, o procedimento recomendado pela U.S. EPA para a calibração do timer:

1. Monte o sistema segundo o esquema da Figura E.1.
2. Utilize um horâmetro calibrado conforme a Seção 6.0 do Apêndice C.
3. Ligue o timer numa tomada elétrica.
4. Acerte o relógio do timer para a hora correta.
5. Programe o timer para um período de 24 horas.
6. Ligue uma lâmpada de teste numa das saídas do timer e o horâmetro numa outra.
7. Verifique o sistema, operando, manualmente, a chave liga-desliga.
8. Deixe o sistema funcionar pelo período de 24 horas e determine o período decorrido com o horâmetro. Caso o período medido esteja dentro de 24 h ± 15 minutos, o timer é aceito para uso no campo; caso contrário, veja o que há de errado. Caso não consiga eliminar o problema, rejeite o timer.

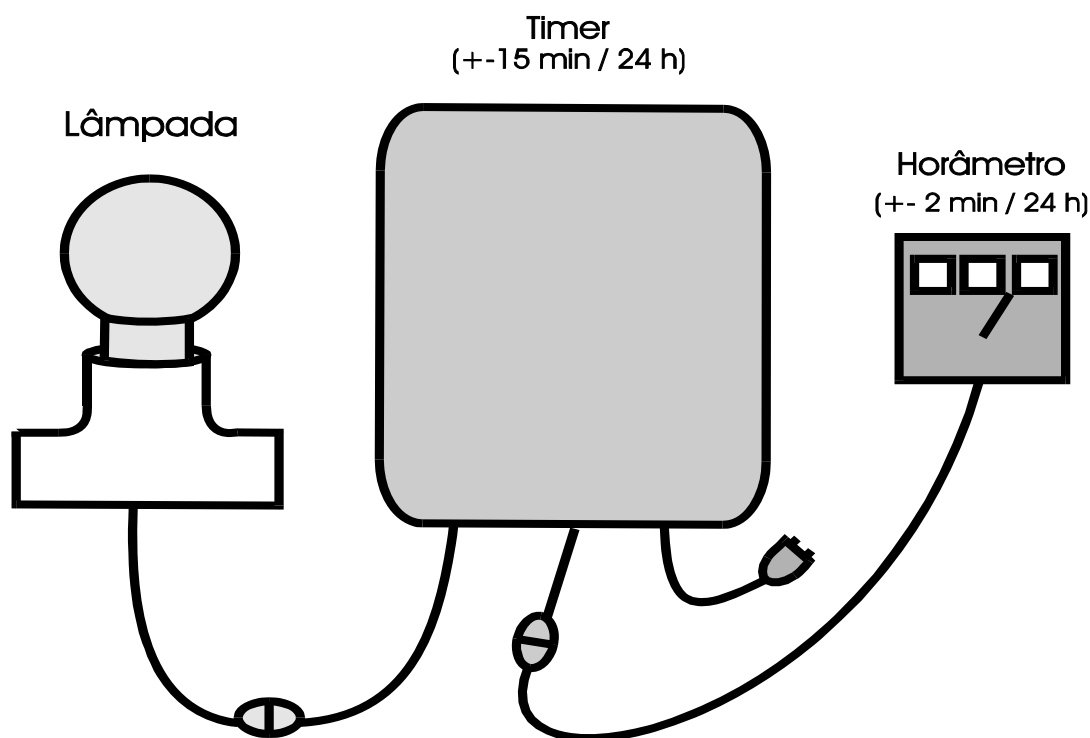



Figura E.1 Esquema de Calibração do Timer

APÊNDICE F

CALIBRAÇÃO DO CPV

1.0 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A certificação do CPV consiste em levantar, seja em condições reais de temperatura e pressão, seja corrigidas para condições padrão (25 °C e 760 mm Hg), uma relação (geralmente uma reta) entre vazão (Q_a ou Q_p) e perda de carga (dH_c) através do orifício do CPV. Faz-se a calibração do CPV com um padrão secundário, do tipo Roots, chamado de Medidor Padrão de Volume (MPV).

O certificado do CPV pode, para uma mesma calibração, ser apresentado de três maneiras diferentes:

1. **Com a relação de calibração dada para a vazão em condições reais de temperatura e pressão -** para a calibração do AGV MP_{10} e do PTS/CVV. Ver exemplo na Figura F.1.

2. **Com a relação de calibração dada para a vazão em condições padrão de temperatura e pressão -** para a calibração do AGV PTS tradicional. Ver exemplo deste certificado na Figura F.2. Pelo fato de o AGV PTS tradicional ser o AGV mais em voga no país, quase a totalidade dos CPVs em uso no país tem seus certificados para vazão em condições padrão.

3. **Com a relação de calibração dada para a vazão em ambas as condições de temperatura e pressão, podendo**, assim, ser usado para a calibração de todos os AGVs. Ver exemplo deste certificado completo na Figura F.3.

Nota: Nas Figuras F.1, F.2 e F.3, chama-se a atenção para as diferentes notações usadas para temperatura e pressão durante a calibração do amostrador. Na calibração do PTS, utiliza-se T_2 e P_2 para simbolizar pressão e temperatura durante a calibração do amostrador. Ver Figuras F.2 e F.3. Caso o usuário consulte o manual do PTS, verá, que, por razões didáticas, as atividades de calibração do CPV, de calibração do amostrador e de operação de amostragem são respectivamente chamadas de Fase 1, Fase 2 e Fase 3. Por exemplo, T_1 e P_1 dizem respeito à calibração do CPV; T_2 e P_2, à calibração do amostrador; T_3 e P_3, à operação de amostragem. No caso do PTS/CVV e do AGV MP_{10}, não há essa simbolização diferente para as diferentes fases, a não ser T_1 e P_1, para simbolizar respectivamente a temperatura e pressão durante a calibração do CPV, e os parâmetros da reta, que são os mesmo para todos os AGVs, ou sejam: a_1, b_1 e r_1 para a relação de calibração do CPV e a_2, b_2 e r_2 para a relação de calibração de todos os amostradores (registrador de vazão, no caso do AGV PTS, e CVV, no caso do PTS/CVV e do AGV MP_{10}).

2.0 PROCEDIMENTO DE CALIBRAÇÃO

1. Os seguintes equipamentos são necessários para a certificação de um CPV (ver esquema de calibração do CPV na Figura F.4):

   - O CPV a ser calibrado.
   - Um manômetro de coluna d’água, com faixa de 0 - 400 mm e divisões mínimas de 1 mm.
   - Um medidor padrão de volume (MPV), do tipo de deslocamento positivo.

CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO DO CALIBRADOR PADRÃO DE VAZÃO (CPV)
(VAZÃO EM CONDIÇÕES REAIS)

CPV n°: _0180_ **MPV (Medidor Roots) n°:** _8065037_ **Data da Calibração:** _31/08/98_
Data em Serviço: ________________ **T_1 (K)** _29 7_ **P_1 (mm Hg)** _688_
Calibração realizada por _José Silva_

DADOS DA CALIBRAÇÃO:

Placa ou Volts	t (min.)	dH_c (cm H_2O)	dP (mm Hg)	V_m (m^3)
40	*3,633*	*9,525*	*5*	*4,00*
45	*3,350*	*11,176*	*6*	*4,00*
50	*3,083*	*13,208*	*7*	*4,00*
60	*2,667*	*17,272*	*9*	*4,00*
70	*2,367*	*22,352*	*12*	*4,00*
80	*2,133*	*27,432*	*14*	*4,00*

TABULAÇÃO DE DADOS:

V_r (m^3)	(Eixo - x) Q_r(m^3/min.)	(Eixo - y) $(dH_c \times T_r/P_r)^{1/2}$	Regressão Linear
3,9709	*1,0929*	*2,0278*	$y = a_1x + b_1$
3,9651	*1,1836*	*2,1965*	
3,9593	*1,2841*	*2,3878*	
3,9477	*1,4804*	*2,7306*	a_1 = *1,8984*
3,9302	*1,6607*	*3,1063*	b_1 = *-0,0533*
3,9186	*1,8368*	*3,4412*	r_1 = *0,9997*

FÓRMULAS PARA CÁLCULO DE V_r e Q_r:

$$V_r = V_m\left(\frac{P_1 - dP}{P_1}\right) \qquad Q_r = \frac{V_r}{t}$$

PARA CÁLCULO DAS VAZÕES NAS CALIBRAÇÕES DO AGV MP_{10} e do PTS/CVV:

$$Q_r = \frac{1}{a_1}\left(\sqrt{dH_c\left(\frac{T_2}{P_2}\right)} - b_1\right)$$

Figura F.1 Formulário de Calibração do CPV, Próprio para o AGV MP_{10} e o PTS/CVV, com exemplo

CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO DO CALIBRADOR PADRÃO DE VAZÃO (CPV)
(VAZÃO EM CONDIÇÕES PADRÃO)

CPV n°: _0180__ **MPV (Medidor Roots) n°:** _8065037_ **Data da Calibração:** 31/08/98_
Data em Serviço: ________________ **T_1 (K)** __29 7__ **P_1 (mm Hg)** _688__
Calibração realizada por __José Silva____

DADOS DA CALIBRAÇÃO:

	Placa ou Volts	t (min.)	dH_c (cm H_2O)	dP (mm Hg)	V_m (m^3)	
	40	3,633	9,525	5	4,00	
	45	3,350	11,176	6	4,00	
	50	3,083	13,208	7	4,00	
	60	2,667	17,272	9	4,00	
	70	2,367	22,352	12	4,00	
	80	2,133	27,432	14	4,00	

TABULAÇÃO DE DADOS:

V_p (m^3)	(Eixo - x) Q_p (m^3/min.)	(Eixo - y) $[dH_c(P_1/760)(298/T_1)]^{1/2}$	Regressão Linear
3,6068	0,9927	2,9414	$y = a_1 x + b_1$
3,6016	1,0751	3,1861	
3,5963	1,1664	3,4637	
3,5857	1,3446	3,9609	a_1 = 3,0318
3,5699	1,5084	4,5058	b_1 = -0,0773
3,5593	1,6684	4,9917	r_1 = 0,9997

FÓRMULAS PARA CÁLCULO DE V_p e Q_p:

$$V_p = V_m\left(\frac{P_1 - dP}{760}\right)\left(\frac{298}{T_1}\right) \qquad Q_p = \frac{V_p}{t}$$

PARA CÁLCULO DAS VAZÕES NAS CALIBRAÇÕES DO AGV PTS:

$$Q_p = \frac{1}{a_1}\left(\sqrt{dH_c\left(\frac{P_2}{760}\right)\left(\frac{298}{T_2}\right)} - b_1\right)$$

Figura F.2 Formulário de Calibração do CPV, Próprio para o AGV PTS, com exemplo

CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO DO CALIBRADOR PADRÃO DE VAZÃO (CPV) (VAZÃO EM AMBAS AS CONDIÇÕES)

CPV n°: ___0180____ **MPV (Medidor Roots) n°:** ___8065037__
Data da Calibração: __31/08/98___
Data em Serviço: ____________ **T_1 (K):** ____29 7____ **P_1 (mm Hg):** ___688___
Calibração realizada por __José Silva________________________________

DADOS DA CALIBRAÇÃO:

	Placa ou Volts	t (min.)	dH_c (cm H_2O)	dP (mm Hg)	V_m (m^3)	
	40	3,633	9,525	5	4,00	
	45	3,350	11,176	6	4,00	
	50	3,083	13,208	7	4,00	
	60	2,667	17,272	9	4,00	
	70	2,367	22,352	12	4,00	
	80	2,133	27,432	14	4,00	

TABULAÇÃO DE DADOS:

Tensão	Condições Reais			Tensão	Condições Padrão		
		(Eixo - x)	(Eixo - y)			(Eixo - x)	(Eixo - y)
(volts)	V_r (m^3)	Q_r (m^3/min.)	$(dH_c \times T_1/P_1)^{1/2}$	(volts)	V_p (m^3)	Q_p (m^3/min.)	$[dH_c(P_1/T_1)(298/760)]^{1/2}$
40	3,9709	1,0929	2,0278	40	3,6069	0,9927	2,9414
45	3,9651	1,1836	2,1965	45	3,6016	1,0751	3,1861
50	3,9593	1,2841	2,3878	50	3,5963	1,1664	3,4637
60	3,9477	1,4804	2,7306	60	3,5857	1,3446	3,9609
70	3,9302	1,6607	3,1063	70	3,5699	1,5084	4,5058
80	3,9186	1,8368	3,4412	80	3,5593	1,6684	4,9917

REGRESSÃO LINEAR:

Cond. Reais	
a_1	1,8984
b_1	-0,0533
r_1	0,9997

Cond. Padrão	
a_1	3,0318
b_1	-0,0773
r_1	0,9997

FÓRMULAS PARA CÁLCULOS DE V_p, Q_p, V_r e Q_r ACIMA:

$$V_r = V_m\left(\frac{P_1 - dP}{P_1}\right) \qquad Q_r = \frac{V_a}{t}$$

$$V_p = V_m\left(\frac{P_1 - dP}{760}\right)\left(\frac{298}{T_1}\right) \qquad Q_p = \frac{V_p}{t}$$

PARA CÁLCULO DAS VAZÕES NAS CALIBRAÇÕES POSTERIORES DOS AGVs:

DO AGV MP_{10} E DO PTS/CVV:

$$Q_r = \frac{1}{a_1}\left(\sqrt{dH_c\left(\frac{T_2}{P_2}\right)} - b_1\right)$$

DO AGV PTS:

$$Q_p = \frac{1}{a_1}\left(\sqrt{dH_c\left(\frac{P_2}{760}\right)\left(\frac{298}{T_2}\right)} - b_1\right)$$

Figura F.3 Formulário de Calibração do CPV, Próprio Para Todos os AGVs, com exemplo

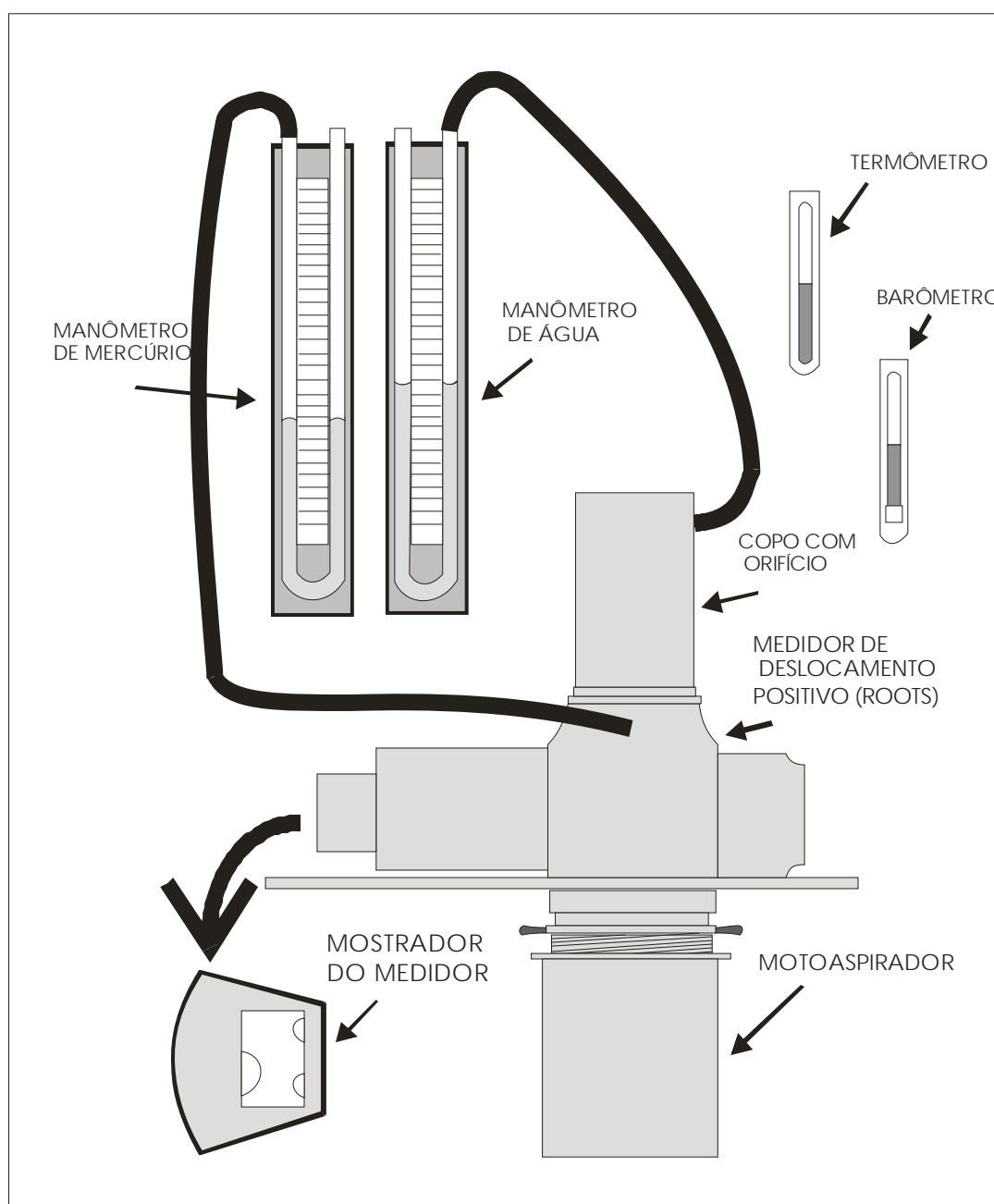



Figura F.4 Esquema de Calibração do CPV

- Um transformador de voltagem variável (ou um conjunto de placas de resistência, caso não haja um transformador de voltagem variável).
- Um motoaspirador de grande volume).
- Um cronômetro de precisão.
- Um manômetro de mercúrio, com uma faixa de 0 - 200 mm e divisões mínimas de 1 mm. Pode-se utilizar um manômetro de coluna d'água com escala equivalente.
- Um termômetro, capaz de medir, com aproximação de ± 1 °C, temperaturas na faixa de 0 a 50 °C (273 a 323 K) e calibrado, pelo menos uma vez por ano, com aproximação de ± 2 °C de um termômetro com certificação reconhecida oficialmente.
- Um barômetro, capaz de medir, com aproximação de mm Hg, pressões barométricas ambientes na faixa de 500 a 800 mm Hg e calibrado, pelo menos uma vez por ano, com aproximação de ± 5 mm Hg de um barômetro de conhecida exatidão.
- Formulário de certificação de CPV, tal como mostrado nas Figuras F.1, F.2 e F.3 (com exemplos).

2. Anote, nos formulários de certificação, o número de série do CPV, o número de série do MPV, o nome do responsável pela calibração e a data da calibração.

3. Leia a pressão barométrica e anote-a como P_1 e a temperatura ambiente na vizinhança do MPV e anote-a como T_1 (K = °C + 273).

4. Conecte o CPV à entrada do MPV. Conecte, por meio de uma mangueira, o manômetro de mercúrio à entrada do MPV. Conecte, por meio de uma mangueira, o manômetro do CPV à tomada de pressão do CPV. Conecte um motoaspirador de grande volume à saída do MPV. Certifique-se de que todas as juntas estão nas suas posições e em boas condições.

5. Verifique se a mesa do MPV está nivelada e ajuste suas pernas, se necessário.

6. Cheque vazamentos, pinçando temporariamente as mangueiras de ambos os manômetros (para evitar perda de fluido) e bloqueando o orifício do CPV com uma placa de borracha de grande diâmetro, uma fita adesiva larga ou outros meios adequados. Dê partida ao motoaspirador e observe qualquer alteração na leitura do MPV. A leitura deve manter-se constante. Caso a leitura se altere, procure localizar vazamentos, seja pela audição de sons de assovio, seja pelo reaperto de todas as conexões, certificando-se de que todas as juntas estejam apropriadamente instaladas.

   Cuidado: Evite manter o amostrador funcionando por mais de 30 s de cada vez com o orifício bloqueado. Esta precaução reduzirá a chance de o motor superaquecer e danificar-se devido à falta de refrigeração.

7 Após satisfatoriamente completar o teste de vazamento, desligue o motoaspirador, desbloqueie o orifício e abra as torneiras de ambos os manômetros. Zere os manômetros de água e de mercúrio, arrastando as suas escalas de modo que suas linhas do zero fiquem niveladas com os fundos dos meniscos.

8. Ligue o motoaspirador. Ajuste o transformador de voltagem variável até conseguir uma vazão apropriada (isto é, dentro da faixa aproximada de 1,0 a 1,8 m^3/min. Se necessário, use placas de resistência ou um restritor variável para conseguir a apropriada vazão.

9. Após estabelecer uma vazão, permita que o sistema funcione por pelo menos um minuto para que a velocidade do motor se mantenha constante. Observe a leitura no dial do MPV e simultaneamente inicie o cronômetro. Pode-se reduzir erros de leitura no dial do MPV iniciando-se e parando-se o cronômetro em leituras de números inteiros (por exemplo, 4091.00).

10. Registre o volume inicial que o dial do medidor estava indicando quando o cronômetro foi iniciado. Mantenha esta vazão constante até que pelo menos 3 m^3 de ar passe através do MPV. Registre, como *dP*, a leitura do manômetro de pressão da entrada do MPV, e, como dH_c, a leitura do manômetro do CPV. Certifique-se de que esteja indicando as unidades de medição corretas. Caso dH_c se altere significativamente durante a rodada, aborte a rodada e dê início novamente.

11. Após pelo menos 3 m^3 de ar ter passado através do sistema, observe a leitura do MPV e simultaneamente pare o cronômetro. Registre o volume final que o dial do medidor estava indicando quando o cronômetro foi parado. Registre o tempo decorrido (*t*) indicado no cronômetro.

12. Calcule o volume medido pelo MPV (V_m) usando a Equação F.1 e registre.

$$V_m = \text{Volume Final} - \text{Volume Inicial} \qquad \text{(Eq. F.1)}$$

<u>Nota</u>: Nos exemplos das Figuras F.1, F.2 e F.3, considerou-se V_m = 4 m^3.

13. Calcule o volume de ar em condições reais (V_r) pela Equação F.2 e em condições padrão (V_p) pela Equação F.3.

$$V_r = V_m\left(\frac{P_1 - dP}{P_1}\right) \qquad \text{(Eq. F.2)}$$

e

$$V_p = V_m\left(\frac{P_1 - dP}{760}\right)\left(\frac{298}{T_1}\right) \qquad \text{(Eq. F.3)}$$

onde:

V_r = volume em condições reais, m^3
V_p = volume em condições padrão, m^3-padrão
V_m = volume real medido pelo MPV, m^3
P_1 = pressão barométrica ambiente durante a calibração do CPV, mm Hg
dP= pressão diferencial na entrada do MPV, mm Hg
T_1 = temperatura ambiente durante a calibração do CPV, K

Anote V_r nas Figura F.1 e F.3 e V_p nas Figuras F.2 e F.3.

14. Calcule a vazão volumétrica para condições reais (Q_r) pela Equação F.4 e a vazão volumétrica para condições padrão pela Equação F.5:

$$Q_r = \frac{V_r}{t} \qquad \text{(Eq. F.4)}$$

e

$$Q_p = \frac{V_p}{t} \qquad \text{(Eq. F.5)}$$

onde:

Q_r= vazão volumétrica em condições reais através do orifício (CPV), m^3/min.
Q_p = vazão volumétrica padrão através do orifício (CPV), m^3-padrão/min.
Vr_a = volume em condições reais, m^3
V_p = volume em condições padrão, m^3-padrão
t = tempo decorrido, min.

Anote Q_r nas Figuras F.1 e F.3 e Q_p nas Figuras F.2 e F.3.

15. Repita os Passos 9 a 14 para pelo menos mais quatro vazões (pontos) diferentes dentro da faixa aproximada de 0,9 a 1,8 m^3/min. Todas as vazões (pontos) devem estar distribuídas uniformemente na faixa considerada. No caso específico do MP_{10} e do PTS/CVV, que funcionam com controlador de vazão, a US EPA pede que pelo menos três das vazões (pontos) consideradas estejam no intervalo especificado para a vazão do amostrador (1,02 a 1,24 m^3/min.).

Nota: Nas calibrações do CPVs empregados nas calibrações dos AGVs ENERGÉTICA tem-se, normalmente, considerado 6 vazões (pontos).

16. Para cada vazão (ponto), compute $[(dH_c)\ (T_a/P_a)]^{1/2}$ e anote na coluna do eixo-x nas Figuras F.1 e F.3. Faça a mesma coisa para as Figuras F.2 e F.3, computando $[(dH_c)\ (P_1/760)(298/T_1)]^{1/2}$.

17 Para os modelos (ambos a equação de uma reta) abaixo,

$$\sqrt{dH_c\left(\frac{T_1}{P_1}\right)} = a_1(Q_r) + b_1 \qquad \text{(Eq. F.6)}$$

e

$$\sqrt{dH_c\left(\frac{P_1}{760_1}\right)\left(\frac{298}{T_1}\right)} = a_1\left(Q_p\right) + b_1 \qquad \text{(Eq. F.7)}$$

calcule, por regressão linear (técnica dos mínimos quadrados), a inclinação (a_1), a interseção (b_1) e o coeficiente de correlação (r_1) da relação de certificação.

Nota: Conforme uecomendação da Andersen, o fator de correlação (r_1) deve ser $\geq$ 0,99 para que a calibração seja válida. Caso $r_1 < 0{,}99$, refaça os cálculos e, se necessário, repita o procedimento de calibração.

18. Para uso subseqüente do CPV nas calibrações dos AGVs, calcule Q_a e Q_p a partir das relações de calibração abaixo (obtidas por explicitação de Q_a e Q_p, respectivamente, nas Equações F.6 e F.7 acima):

- Para vazão em condições reais (Figuras F.1 e F.3):

$$Q_r = \frac{1}{a_1}\left(\sqrt{dH_c\left(\frac{T_2}{P_2}\right)} - b_1\right) \qquad \text{(Eq. F.8)}$$

onde:

Q_r = vazão volumétrica em condições reais indicada pelo CPV, m^3-padrão/min.
dH_c = perda de carga através do orifício do CPV, cm H_2O
T_2 = temperatura ambiente durante a calibração do MP_{10} ou do PTS/CVV, K (K = °C + 273)
P_2 = pressão barométrica no local da calibração do MP_{10} ou do PTS/CVV, mm Hg
a_1 = inclinação da relação de calibração do CPV
b_1 = interseção da relação de calibração do CPV

- Para a vazão em condições padrão (Figuras F.2 e F.3):

$$Q_p = \frac{1}{a_1}\left(\sqrt{dH_c\left(\frac{P_2}{760}\right)\left(\frac{298}{T_2}\right)} - b_1\right) \qquad \text{(Eq. F.9)}$$

onde:

Q_p = vazão volumétrica em condições padrão indicada pelo CPV, m^3-padrão/min.
dH_c = perda de carga através do orifício do CPV, cm H_2O
P_2 = pressão barométrica durante a calibração do AGV PTS, mm Hg
T_2 = temperatura ambiente durante a calibração do AGV PTS, K (K = °C + 273)
a_1 = inclinação da relação de calibração do CPV
b_1 = interseção da relação de calibração do CPV

3.0 PERIODICIDADE DE CALIBRAÇÃO DO CPV

O CPV deve ser calibrado na sua aquisição e, subsequentemente, em intervalos de um ano. Os copos com orifício do CPV devem ser inspecionados visualmente antes de cada aplicação. Sinais de amassaduras no orifício implica recalibração ou mesmo sucateamento do copo.

4.0 CERTIFICADO EM EXCEL EMITIDO PELA ENERGÉTICA

A Figura F.5 mostra exemplar de um certificado em Excel emitido pela ENERGÉTICA. O certificado é constituído de 4 páginas.

ENERGÉTICA INDÚSTRIA E COMÉRCIO LTDA.
LME - Laboratório de Metrologia da Energética
Rua Gravataí, 99 - Rocha - CEP.:20975-030 - Rio de Janeiro/RJ
Tel. (21) 3797-9800 - Fax: (21) 2241-1354
Site: www.energetica.ind.br

CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO (CALCPVGV)

Número: CPV-GV-0001/09 **Data de emissão:** 13/01/09

DADOS DO CLIENTE

Solicitante: ACME Engenharia e Consultoria Ltda.
Endereço: Rua Padre Ildefonso, n° 140 - Fortaleza - CE
Serviço: Calibração do Calibrador Padrão de Vazão (CPV) na faixa de 1,0 a 1,8 m^3/min

CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA DE MEDIÇÃO A CALIBRAR

Equipamento: Calibrador Padrão de Vazão para Grande Volume (tipo orifício)

Modelo:	CPVGV	**Identificação:**	CPV-0289
TAG:	09/001	**AS/OS:**	09/001

DADOS DA CALIBRAÇÃO

Data de recebimento:	13/01/09	**TAG:**	0
Data da calibração:	23/01/09	**Temperatura:**	24,6 °C
Local da calibração:	LME	**Pressão barométrica:**	760,2 mmHg

PROCEDIMENTOS E/OU NORMAS APLICADOS

• Procedimentos técnicos: Parágrafo 4.8.2 da Norma ABNT, NBR 9547 (Set. 1997) e Parágrafo 5.6.3 da Norma ABNT, NBR 13412 (Jun. 1995).

EQUIPAMENTOS/PADRÕES UTILIZADOS

Código	Equipamento	Dt. Calib.	Dt. Venc.	Calib. Por	N° Cert	Rastreabilidade
MDRT-002	Medidor Roots	25/03/08	25/03/09	IPT	85691-101	CGCRE/INMETRO
TER-009	TLV	28/05/08	28/05/09	ITUC	0190-1/08	CGCRE/INMETRO
BAR-002	Barômetro	04/06/08	04/06/09	IFM	PR-2208/08	RBC/INMETRO Nº 059
CRO-007	Cronômetro digital	27/03/08	27/03/09	VISOMES	LV 6659/08	CGCRE/INMETRO
EQUI-008	Régua Graduada	17/04/08	17/04/09	Leka's	2023508A	RBC/INMETRO Nº Cal-71

Medidores e equipamentos auxiliares verificados previamente

MANU-HG	Manômetro de coluna (U) de mercúrio	Verificado conforme procedimento LME
MANU-H2O	Manômetro de coluna (U) de H_2O	Verificado conforme procedimento LME
VOLT-001	Variac com indicação de volts	N/A

NOTAS

• Os procedimentos de calibração aqui empregados obedecem os métodos pertinentes da ABNT e da US EPA (vide referências na Página 4/4). As notações aqui utilizadas são as da ABNT.

• O Amostrador de Grande Volume para Partículas Totais em Suspensão é aqui denotado por AGV PTS e o Amostrador de Grande Volume para Partículas Inaláveis, por AGV MP_{10}.

• Os resultados desta calibração compreendem a faixa de vazão de 1,1 a 1,7 m^3/min; portanto, são adequados tanto para AGV PTS quanto para AGV MP_{10}.

• Por exigência de normas, para o AGV PTS, os resultados da calibração (uma relação normalmente representada por uma reta) devem ser para condições-padrão; para o AGV MP_{10}, para condições reais. Condições-padrão, conforme a Resolução 3 do CONAMA, são aq

• Este certificado é válido somente para o equipamento calibrado e só pode ser reproduzido integralmente.

Figura F.5 (1) Certificado de Calibração do CPV Emitido Formalmente pela ENERGÉTICA

ENERGÉTICA INDÚSTRIA E COMÉRCIO LTDA.
LME - Laboratório de Metrologia da Energética
Rua Gravataí, 99 - Rocha - CEP.:20975-030 - Rio de Janeiro/RJ
Tel. (21) 3797-9800 - Fax: (21) 2241-1354
Site: www.energetica.ind.br

CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO (CALCPVGV)

Número: CPV-GV-0001/09 **Data de emissão:** 13/01/09

VALORES MEDIDOS

Tensão (Volts)	t (minutos)	dHc (cm H_2O)	dP (mm Hg)	T_1 (ºC)	P_1 (mHg)	Vm (m^3)
45	3,65	10,2	5,0	24,0	760,2	3,9714
50	3,36	12,0	6,0	24,4	760,2	3,9700
55	3,14	13,7	7,0	24,7	760,2	3,9690
65	2,72	18,1	9,0	24,3	760,2	3,9668
75	2,45	22,4	11,0	24,8	760,2	3,9654
85	2,22	27,1	14,0	25,1	760,2	3,9641

Nota 1: Os valores para tensão na Coluna 1 são medidos no voltímetro do variac do Roots. Estas tensões são previamente escolhidas de modo a se obter 6 valores para a vazão na faixa de 1 a 1,8 m^3/min

Nota 2: Os valores para t, dHc e dP acima são as médias de 3 conjuntos de medidas tomando-se como base um volume predeterminado medido no Roots.

VALORES CALCULADOS

Tensão (Volts)	Condições Reais				Condições Padrão			
	Eixo-X		Eixo-Y		Eixo-X		Eixo-Y	
	$Q_r = \frac{v_m}{t}\left(\frac{P_1 - dP}{P_1}\right)$		$dH_{corr} = \sqrt{dH_c\left(\frac{T_1}{P_1}\right)}$		$Q_p = \frac{v_m}{t}\left(\frac{P_1 - dP}{760}\right)\left(\frac{298}{T_1}\right)$		$\Delta H_{corr} = \sqrt{\Delta H_c\left(\frac{P_1}{760}\right)\left(\frac{298}{T_1}\right)}$	
	Vazão Q_r (m³/min)	Incert. (m³/min) (±)	dH_{corr} (cm $H_2$0)	Incerteza (cm $H_2$0) (±)	Vazão Q_p (m³/min)	Incert. (m³/min) (±)	dH_{corr} (cm $H_2$0)	Incerteza (cm $H_2$0) (±)
45	1,081	0,059	1,993	0,029	1,085	0,059	3,194	0,400
50	1,173	0,067	2,170	0,027	1,176	0,067	3,473	0,367
55	1,253	0,074	2,316	0,025	1,254	0,074	3,704	0,344
65	1,439	0,094	2,663	0,022	1,443	0,094	4,264	0,299
75	1,593	0,112	2,962	0,020	1,594	0,112	4,735	0,269
85	1,756	0,133	3,260	0,018	1,757	0,133	5,206	0,245

Nota 1: As incertezas expandidas relatadas acima são baseadas em incertezas padronizadas combinadas multiplicadas por um fator de abrangência k, fornecendo um nível de confiança de aproximadamente 95 %. As incertezas-padrão de medição foram determinadas

Nota 2: Com os dados acima, o usuário poderá construir sua relação de calibração em papel milimetrado, seja para condições reais, seja para condições padrão, plotando os valores para vazão no eixo dos X (abcissa) e o valores para dHcorr no eixo dos Y (ord

PÁGINA
2/4

Figura F.5 (2) Certificado de Calibração do CPV Emitido Formalmente pela ENERGÉTICA

ENERGÉTICA INDÚSTRIA E COMÉRCIO LTDA.
LME - Laboratório de Metrologia da Energética
Rua Gravataí, 99 - Rocha - CEP.:20975-030 - Rio de Janeiro/RJ
Tel. (21) 3797-9800 - Fax: (21) 2241-1354
Site: www.energetica.ind.br

CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO (CALCPVGV)

Número: CPV-GV-0001/09 **Data de emissão:** 13/01/09

RELAÇÃO DE CALIBRAÇÃO (Regressão linear: $Y = a_1X + b_1$)

AGV MP_{10} (Condições reais)			AGV PTS (Condições-padrão)		
$\sqrt{dH_c\left(\frac{T_1}{P_1}\right)} = a_1(Q_r) + b_1$			$\sqrt{dH_c\left(\frac{P_1}{760}\right)\left(\frac{298}{T_1}\right)} = a_1(Q_p) + b_1$		
Inclinação (a_1):		1,878	Inclinação (a_1):		3,000
Incerteza da medição de a_1:	±	0,021	Incerteza da medição de a_1:	±	0,033
Intercepto (b_1):		-0,036	Intercepto (b_1):		-0,059
Incerteza da medição de b_1:	±	0,005	Incerteza da medição de b_1:	±	0,008
Correlação (r_1):		0,999	Correlação (r_1):		0,999

Obs.: As incertezas (expandidas) das medições de a_1 e b_1 acima foram calculadas por metodologia apresentada no Capítulo 4 da Referência 3 na Página 4/4 e são baseadas em incertezas padronizadas combinadas multiplicadas por um fator de abrang

TESTE DE CONFORMIDADE DA RETA OBTIDA

Tensão	Vazão Q_r (m^3/min)			Vazão Q_p (m^3/min)		
Volts	Experimental (valores lidos)	Da reta (calculados)	Diferença (<0,02 m^3/min)	Experimental (valores lidos)	Da reta (calculados)	Diferença (<0,02 m^3/min)
45	1,081	1,081	0,001	1,085	1,084	0,001
50	1,173	1,175	0,001	1,176	1,177	0,001
55	1,253	1,253	0,000	1,254	1,254	0,000
65	1,439	1,437	0,002	1,443	1,441	0,002
75	1,593	1,597	0,003	1,594	1,598	0,003
85	1,756	1,755	0,002	1,757	1,755	0,002

Nota: De acordo com a NBR 9647 (1997), Item 4.8.2.16, "Um gráfico de certificação deve permitir leitura com aproximação de 0,02 m^3/min nas condições padrão". Portanto, a reta obtida está em conformidade com a norma.

PARA USO POSTERIOR NA CALIBRAÇÃO (Cálculo da vazão)

(do AGV MP10 - Condições Reais)	(do AGV PTS – Condições-Padrão)
$Q_r = \frac{1}{a_1}\left(\sqrt{dH_c\left(\frac{T_2}{P_2}\right)} - b_1\right)$	$Q_p = \frac{1}{a_1}\left(\sqrt{dH_c\left(\frac{P_2}{760}\right)\left(\frac{298}{T_2}\right)} - b_1\right)$

FREQUÊNCIA DE CALIBRAÇÃO DO CPVGV

De acordo com a NBR 9547 (1997), Item 4.8.2.17, o CPVGV deve ser recalibrado anualmente.

Figura F.5 (3) Certificado de Calibração do CPV Emitido Formalmente pela ENERGÉTICA

ENERGÉTICA INDÚSTRIA E COMÉRCIO LTDA.
LME - Laboratório de Metrologia da Energética
Rua Gravataí, 99 - Rocha - CEP.:20975-030 - Rio de Janeiro/RJ
Tel. (21) 3797-9800 - Fax: (21) 2241-1354
Site: www.energetica.ind.br

CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO (CALCPVGV)

Número: **CPV-GV-0001/09** **Data de emissão:** **13/01/09**

LEGENDA

T_1	Temperatura ambiente no local e durante a calibração do CPV (ºK)	Q_r	Vazão volumétrica em condições reais indicada pelo CPV (m^3/min)
P_1	Pressão atmosférica no local e durante a calibração do CPV (mm Hg)	dH_{corr}	Pressão diferencial corrigida
V_m	Volume, pré-fixado, indicado pelo MPV (m^3)	V_p	Volume em condições-padrão indicado pelo CPV (m^3)
T_p	Temperatura nas condições-padrão (25ºC + 273 = 298 ºK)	Q_p	Vazão volumétrica em condições-padrão indicada pelo CPV (m^3/min)
P_p	Pressão atmosférica nas condições-padrão (760 mm Hg)	a_1	Inclinação da relação de calibração do CPV
t	Tempo medido (min) correspondente a Vm	b_1	Intercepto da relação de calibração do CPV
dHc	Pressão diferencial no CPV (cm H_2O)	r_1	Fator de correlação da relação de calibração do CPV
dP	Pressão diferencial no MPV (mm Hg)	T_2	Temperatura ambiente no local e durante a calibração do AGV (ºK) (ºK = ºC + 273)
V_r	Volume em condições reais indicado pelo CPV (m^3)	P_2	Pressão barométrica no local e durante calibração do AGV (mm Hg)

REFERÊNCIAS

1	ABNT. Material Particulado em Suspensão no Ar Ambiente - Determinação da Concentração Total pelo Método do Amostrador de Grande Volume. NBR 9547, Set., 1997.
2	ABNT. Material Particulado em Suspensão na Atmosfera - Determinação da Concentração de Partículas Inaláveis pelo Método do Amostrador de Grande Volume Acoplado a um Separador Inercial de Partículas. NBR 13412, Jun, 1995.
3	Maria C.C. Werkema e Silvio Aguiar. Análise de Regressão: Como Entender o Relacionamento entre as Variáveis de um Processo. Fundação Christiano Ottoni, UFMG, Belo Horizonte, 1996.

CALIBRADO POR: **APROVADO POR:**

Rosangela Nascimento Barros
Técnica de Laboratório

José Walderley Coêlho Dias
Gerente Técnico

Figura F.5 (4) Certificado de Calibração do CPV Emitido Formalmente pela ENERGÉTICA

APÊNDICE G

REGRESSÃO E CORRELAÇÃO

1.0 INTRODUÇÃO

O usuário, quando for calibrar o CPV ou AGV PTS, poderá recorrer ao artifício da regressão linear como alternativa ao uso de curvas francesas para obter a curva de calibração no sistema de coordenadas **XY**.

Descreve-se, nos itens abaixo, a técnica da regressão linear e como se avalia se a curva obtida é uma boa representante da distribuição dos pontos.

2.0 CURVA DE REGRESSÃO

É uma curva que se obtém para representar uma série de pontos num sistema de coordenadas **XY**. E a melhor representação desses pontos é comumente obtida pela "curva de regressão linear", isto é, a curva que minimiza os quadrados dos resíduos dos pontos com relação à ela.

A curva dos mínimos quadrados é a reta:

Y = aX + b

onde

Y = variável dependente, medida no eixo da ordenada
X = variável independente, medida no eixo da abcissa
a = inclinação da reta com relação ao eixo da abcissa
b = intersepto da reta com relação ao eixo da ordenada

A inclinação **a** é dada por

$$a = \frac{\sum_{i=1}^{n} xy - \bar{x}\sum_{i=1}^{n} y}{\sum_{i=1}^{n} x^2 - \bar{x}\sum_{i=1}^{n} x} \qquad \text{(Eq. G.1)}$$

Por sua vez, o intercepto **b** é dado por

$$b = \overline{Y} - a\overline{X} \qquad \text{(Eq. G.2)}$$

3.0 EXEMPLO DE CÁLCULO

Tomemos, para exemplo, os cálculos da inclinação $\mathbf{a_2}$, a interseção $\mathbf{b_2}$ e a correlação $\mathbf{r_2}$ da curva (reta) de calibração de um AGV PTS, apresentados na Figura 4.5 deste manual, onde

$$X = Q_p$$

e

$$Y = \sqrt{D\left(\frac{P_2}{P_p}\right)\left(\frac{T_p}{T_2}\right)}$$

Hoje, com a proliferação dos computadores e das calculadoras manuais, é fácil instalar programas que calculem os parâmetros **a, b** e **r** da reta. Neste caso, o usuário apenas entra com os pontos **XY** e, vapt-vupt, com um apertar do botão, obtém os dados. Entretanto, quando não se possui as maravilhosas máquinas, o jeito é trabalhar à mão,

Suponhamos que a calibração do CPV foi feita com cinco pontos. Temos então a tabulação abaixo:

X	Y	X^2	XY
1,7193	3,0577	2,955992	5,257104
1,5845	2,8032	2,510640	4,441670
1,4451	2,5230	2,088314	3,645987
1,1990	2,1390	1,437601	2,564661
0,9492	1,6688	0,900981	1,584025
ΣX = 6,8971	ΣY = 12,1917	ΣX^2 = 9,893528	ΣXY = 17,49345

n, o número de pontos = 5

$$\overline{X} = \frac{\sum_{i=1}^{5} X}{n} = \frac{6,8971}{5} = 1,37942$$

$$\overline{Y} = \frac{\sum_{i=1}^{5} Y}{n} = \frac{12,1917}{5} = 2,4383$$

$$a = \frac{17,49345 - 1,37942 \times 12,1917}{9,893528 - 1,37942 \times 6,8971} = 1,781074$$

b = 2,4383 - 1,37942 x 1,781074 = -0,0185

A reta dos mínimos quadrados é portanto:

Y = 1,7811X - 0,0185

Nota: A pequena diferença entre os valores de a e b determinados acima e os valores determinados pela planilha da Figura 4.5 decorre de arredondamento.

4.0 CORRELAÇÃO

Correlação é a medida do grau de relação entre duas variáveis. A medida de quão boa é a relação é dada por um coeficiente chamado de coeficiente de correlação (r).

Se todos os pontos caíssem em cima da curva (reta) de regressão, os quadrados dos resíduos a partir da reta seriam zero e o coeficiente de correlação seria +1,000. O coeficiente, portanto, mede a dispersão dos pontos no sistema de coordenadas. Caso a distribuição dos pontos seja completamente aleatória, a correlação é zero e não há relação entre as variáveis.

O coeficiente de correlação varia de -1,000 a +1,00. No nosso caso (calibrações do kit e do AGV PTS), o coeficiente é sempre positivo.

Nota: Deve-se procurar obter uma relação cujo fator de correlação **r** não seja inferior a 0,997. Em todo o caso, nunca aceite uma relação com **r** abaixo de 0,99.

O coeficiente de correlação **r** é calculado pela fórmula:

$$r = \frac{n\sum_{i=1}^{n} XY - \sum_{i=1}^{n} X \sum_{i=1}^{n} Y}{\sqrt{\left[n\sum_{i=1}^{n} X^2 - \left(\sum_{i=1}^{n} X\right)^2\right]\left[n\sum_{i=1}^{n} Y^2 - \left(\sum_{i=1}^{n} Y\right)^2\right]}}$$

Aplicando o mesmo exemplo acima, deve-se chegar a um valor próximo de 0,9997.

APÊNDICE H

CÂMARA DE EQUILIBRAÇÃO (ABNT - NBR 13412)

1.0 ESQUEMA

A ABNT recomenda que a câmara para condicionamento e pesagem dos filtros seja fabricada conforme o esquema da Figura H.1.

2.0 ESPECIFICAÇÕES

A câmara deve atender às seguintes especificações:

1. Suas arestas devem ser vedadas com silicone ou outro material que mantenha boa vedação.

2. Deve ser mantida aos níveis de umidade recomendados na Subseção 5.4 para condicionamento dos filtros. Para tanto, é necessário que a sílica-gel seja colocada na câmara pelo menos 12 horas antes da colocação dos filtros na câmara.

3. Deve conter um higrômetro para verificação da umidade.

4. Deve possuir duas aberturas frontais que possibilitem a introdução das mãos do operador para pesagem dos filtros.

5. Deve possuir porta lateral com 30 cm x 30 cm para introdução dos filtros.

6. Deve possuir uma par de luvas tipo utilizado em incubadora hospitalar, fixadas nas aberturas mencionadas na alínea 4, de forma a evitar o contacto direto do operador com o interior da câmara.

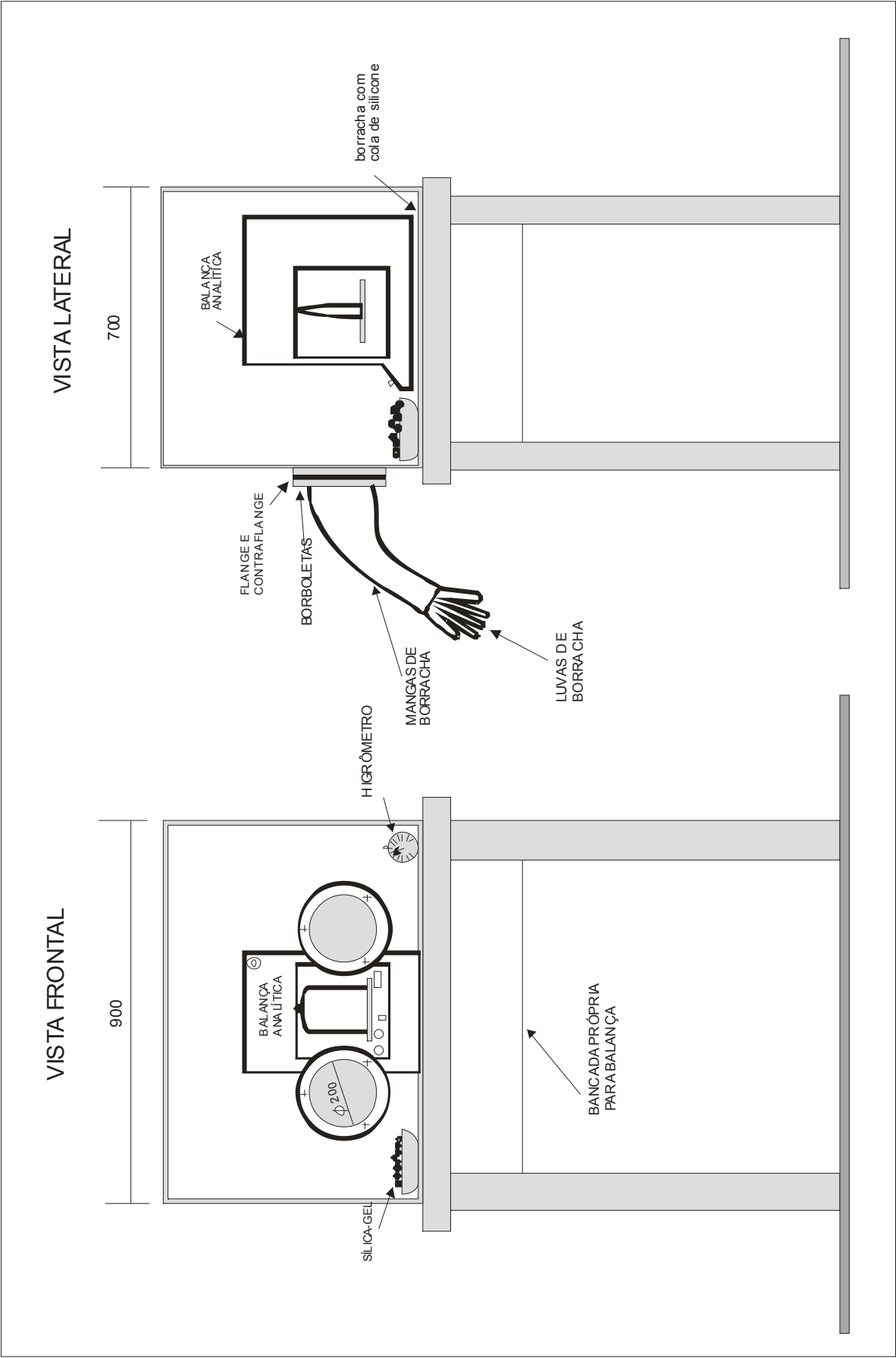



Figura H.1 Câmara para Condicionamento e Pesagem de Filtros

APÊNDICE I

FORMULÁRIOS

1.0 INTRODUÇÃO

Formulários em branco são fornecidos nas próximas páginas para conveniência do usuário deste manual. Cada formulário retém seu respectivo número de figura do texto.

Os seguintes formulários estão incluídos neste apêndice.

Formulário	Título
4.3	Formulário de Registro de Dados - Calibração do AGV PTS
5.1	Formulário de Registro de Dados da Amostragem
5.2	Folha de Controle das Pesagens

AGV PTS - CALIBRAÇÃO Formulário de Registro de Dados	Número Formulário	
	Data de emissão:	
	Executante:	
	Conferencista:	

DADOS DO EQUIPAMENTO

AGV PTS N° ______ Registrador N° ______

DADOS GERAIS DA CALIBRAÇÃO

Local: ______ Data: ______ Hora: ______

DADOS AMBIENTAIS

Pressão barométrica (P_2): ______ mm Hg Temperatura (T_2): ______ °C

Nota: As condições de referência da Resolução n° 3 do CONAMA são: 25 °C (298 K) para a temperatura ambiente (T_p) e 760 mm Hg (1013,2 mbar) para a pressão barométrica (P_p).

Nota: Caso utilize a alternativa das condições sazonais, anotar abaixo os valores de P_s e T_s:
Pressão barométrica (P_s): ______ mm Hg Temperatura (T_s): ______ °C

Identificação dos padrões de pressão e temperatura:

Barômetro n° ______ Data de validade: ______
Termômetro n° ______ Data de validade: ______

DADOS DO CPV (CALIBRADOR PADRÃO DE VAZÃO) (VER CERT. CALIB.)

Número do CPV: ______ Data última calibração ______
Relação (reta) de calibração:
Inclinação a_1: ______ Intercepto b_1: ______ Correlação r_1: ______

MEDIÇÕES DA CALIBRAÇÃO

Placa N°	Pressão diferencial - dH_c cm H_2O		Deflexão da pena na carta D
	Leitura para cima	**Leitura Para baixo**	
18			
13			
10			
7			
5			

OBSERVAÇÕES

______ Ass. Executante ______ Ass. Conferencista

Figura 4.3 Formulário de Registro de Dados - Calibração do AGV PTS

Formulário de Registro – Amostragem AGV PTS

DADOS DA AMOSTRAGEM					
N° da Amostragem:		Período:		a	
N° do Amostrador:		Hora:		a	
Local:		Duração:		Horas (nominal)	
N° do Filtro:		Tipo:			

DADOS DA CALIBRAÇÃO DO AGV PTS					
Calibrado c/ CPV n°:		Data ultima calibração do AGV PTS:			
Inclinação (a_2):		Intercepto (b_2):		Correlação (r_2):	

ANOTAÇÕES DE CAMPO					
Temperatura ambiente média (T_3):		°C		T_p = 298 K	
ou Temperatura média sazonal (T_s)		°C		P_p = 760 mm Hg	
Pressão barométrica média (P_3):		mm Hg			
ou Pressão média sazonal (P_s)		mm Hg			
Leitura inicial horâmetro:		horas	Leitura final horâmetro:		horas

DADOS DA DEFLEXÃO D				CONDIÇÕES DURANTE A AMOSTRAGEM	
Número Intervalo	Deflexão	Número Intervalo	Deflexão	Responda **sim** ou **não**	
1		13		Amostador devidamente calibrado?	
2		14		Timer e horâmetro funcionando bem?	
3		15		Juntas do filtro e do motor boas e apertadas?	
4		16		Motor e escovas em boas condições?	
5		17		Pena do registrador traçando bem na carta?	
6		18		A vazão se manteve entre 1,1 e 1,7 m^3/min.?	
7		19			
8		20		Enumere anormalidades durante a amostragem:	
9		21			
10		22			
11		23			
12		24			

DADOS DAS PESAGENS		
Peso inicial do filtro:		g
Peso final do filtro:		g

Ass. Operador

Ass. Supervisor

Figura 5.1 Exemplo de Formulário de Registro de Dados da Amostragem

Número ident. Balança:					
Operador da Balança:			Supervisor de CQ:		
Data	N° Filtro	Tara da Balança	Tara (g)	Peso Bruto (g)	Análise Adicional

Figura 5.2 Folha de Controle das Pesagens